BÖLÜM 3 ELEKTRONLAR ve ALANLAR

R.D. Roosevelt

GİRİŞ

Bu kesimde yüklü parçacıkların (elektronların) elektriksel ve mıknatısal alanlardaki devinimini inceleyeceğiz. Bu deneylerde elektronlar, davranışları Newton devinim yasaları ile belirlenen görelik parçacıklar gibidir. Yani hızlar her zaman ışık hızına ($\sim$= 3,00 X 10^8 m/s) bakınca küçüktür, hiçbir görelik düzeltmesi gerekmez ve içinde çalıştığımız deneysel boyutlar atom boyutları yanında o denli büyüktür ki, kuramsal (nicem) etkilerine hiç bakılmaz.

ÖZET

Deneylerin konu bölgeleri şöyle özetlenebilir:

EA-1 Elektronların bir elektrik alanında ivmelenmesi ve bir elektron demetinin enine biteviye bir elektrik alanında saptırılması.

EA-2 Düzgün olmayan bir elektrik alanında bir elektron demetinin odaklanması ve demet yeğinliğinin denetimi.

EA-3 Bir elektron demetinin enine bir mıknatısal alanda saptırılması.

EA-4 Elektronların bir magnetrondaki eksensel bir mıknatısal alan ile çapsal bir elektrik alanı etkisinde devinimi.

Bu deneylerdeki temel aygıt, işleyiş ilkeleri televizyonun resim lambasına benzeyen geniş tabanlı camdan bir elektron borusudur. Bu lambaya genellikle elektron-ışını* (Katot-ışını) lambası denir. Bu ad ondokuzuncu yüzyılın ortalarında alçak basınçlı gazlarda elektrik iletimi incelenirken ortaya çıktı. Bu gibi deneylerde, atomlar elektronlarla dövülerek enerji düzeyleri uyarılır, ~~eksiçeğe~~ katota yakın bölgeden, o zamanlar "katod ışınları" diye adlandırılan mavimsi ışımalara yol açan ışınlar çıkar.

Elektron ışını lambası aslında, kesiti Şek. 3'de görüldüğü gibi uzun boyunlu geniş düz tabanlı büyük bir cam şişedir. Televizyon ve osiloskopta siz bu şişenin yalnız tabanını görüyorsunuz.

Elektronların devinimini incelemek için kullanacağımız ~~eksiçek~~ katot lambası uygun bir deney düzeneği olmaktan da öteye deneysel bilimlerin (kimya, biyoloji, tıp) birçok alanlarında çok yararlı bir aygıt olan elektron ışını osilloskobunun en önemli parçasıdır. Şu drumda elektron tüpünde elektron deviniminin incelenmesi, ilerde bu ve başka çalışmalarda çok kullanılacak olan osilloskobun anlaşılmasına yardım edecektir.

Elektronların bir elektrik alanında devinimi bir parçacığın yerçekimi alanındaki devinimi gibidir. Bu benzerlik Şek. 1 ve 2'de gösterilmiştir. Şek.1 yerçekimi etkisi altında bulunan bir kütlenin deviniminin iki örneğidir; Şek. 2 ise elektron deviniminin benzer durumlarını gösteriyor.

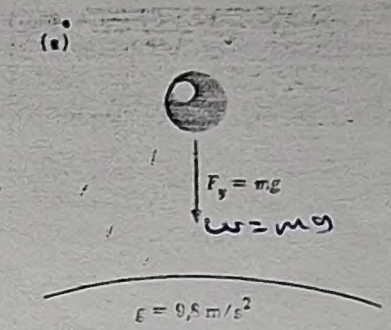
Bir elektron-ışını lambası içinde: (1) çıkardığı elektronları belli bir hıza ulaştırıp bir demet halinde toplayan elektron tabancası (2) iki çift koşut yapraktan oluşan elektron saptırıcı düzenek (3) lambanın tabanında elektron demetinin çarptığı noktayı görülür duruma getiren bir fluorışıl perde bulunur. Bunların hepsi cam boru içine yerleştirilmiş ve elektronların hava molekülleri ile çarpışarak saçılmalarını önlemek için borunun havası boşaltılmıştır. Bu parçaların düzenlenişi Şek. 3'de görülüyor. Bir elektron, boru boyunca devinirken bir tek gaz molekülü ile bile çarpışma olasılığının çok düşük olması için lambanın gaz basıncı kabaca 10^{-6} atm'den aşağı olmalıdır. Bu yüksek boşluğu sıradan gaz tulumbaları sağlayamayacağı için yayınım (difüzyon) tulumbaları kullanılır.

koşut: paralel

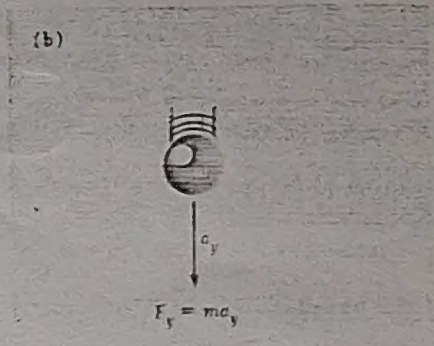
---

*Eksüşek: katot, üşek: elektrot

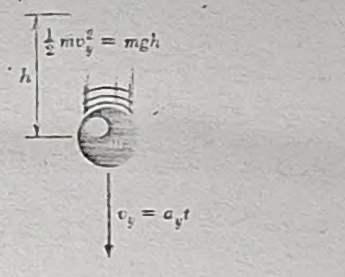
ŞEKİL 1



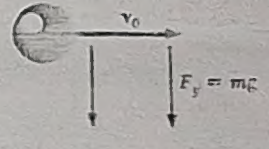
Yer yüzeyine yakın bir m kütlesi $F_y = mg$ yerçekimi kuvvetinin etkisi altındadır.



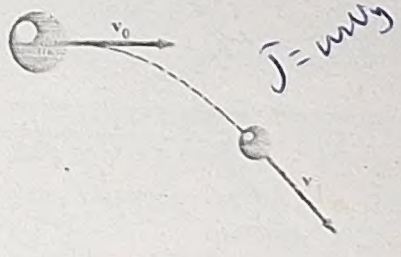
Eğer m kütlesi durduğu yerden bırakılırsa aşağıya doğru düzgün olarak hızlanır.



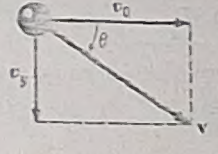
Kütle bir t süresince düştükten sonra $mv_y = F_y t$ devinirliği ve yer çekimi alanının yaptığı mgh işine eşit $\frac{1}{2}mv_y^2$ devinsel enerjisi denir.



Kütleye bir v_0 yatay ilk hızı verilirse,

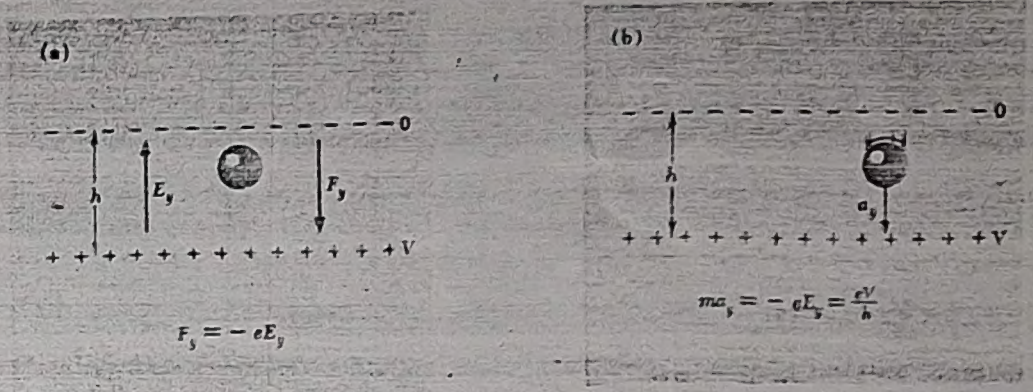


Yerçekimi kuvveti kütleyi aşağıya doğru çevirir. Kütle bir t süresi sonunda $mv_y = F_y t$ kadar enine devinirlik edinir.



ve hızının doğrultusu bir θ açısı kadar değişir.

ŞEKİL 2



Yükü $-e$ olan bir elektron, yüklü iki kafes arasında

$$F_y = -eE_y = eV/h.$$

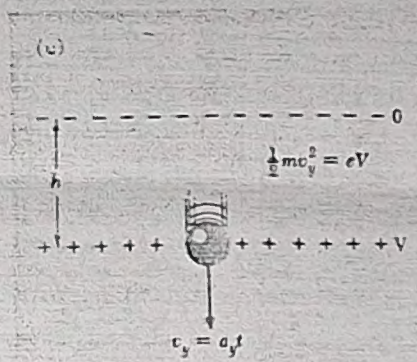
kuvvetinin etkisi altındadır.

Alt kafesin gerilimi artı ise elektron aşağıya doğru düzgün olarak hızlanır.

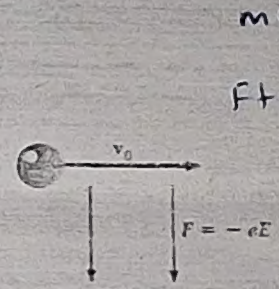
$$F = -E_y e = \frac{eV}{h}$$

$$ma_y = \frac{eV}{h}$$

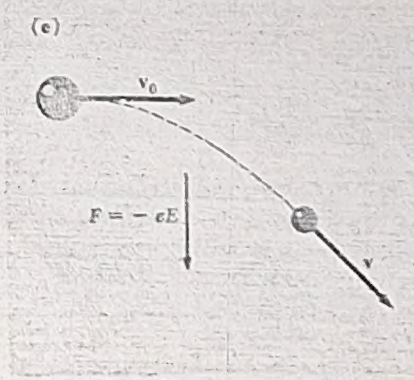
$$Ft = mv_y.$$



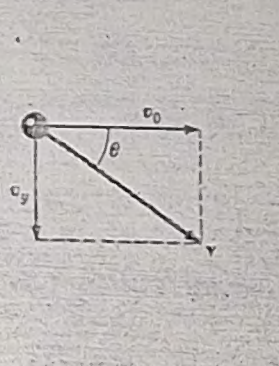
Elektron bir t süresince hızlandıktan sonra $mv_y = F_y t$ devinirliği ve alanın yaptığı $-eE_y h = eV$ işine eşit $\frac{1}{2}mv_y^2$ kinetik enerjisi edinir.



Elektrona bir v_0 yatay ilk hızı verilirse,

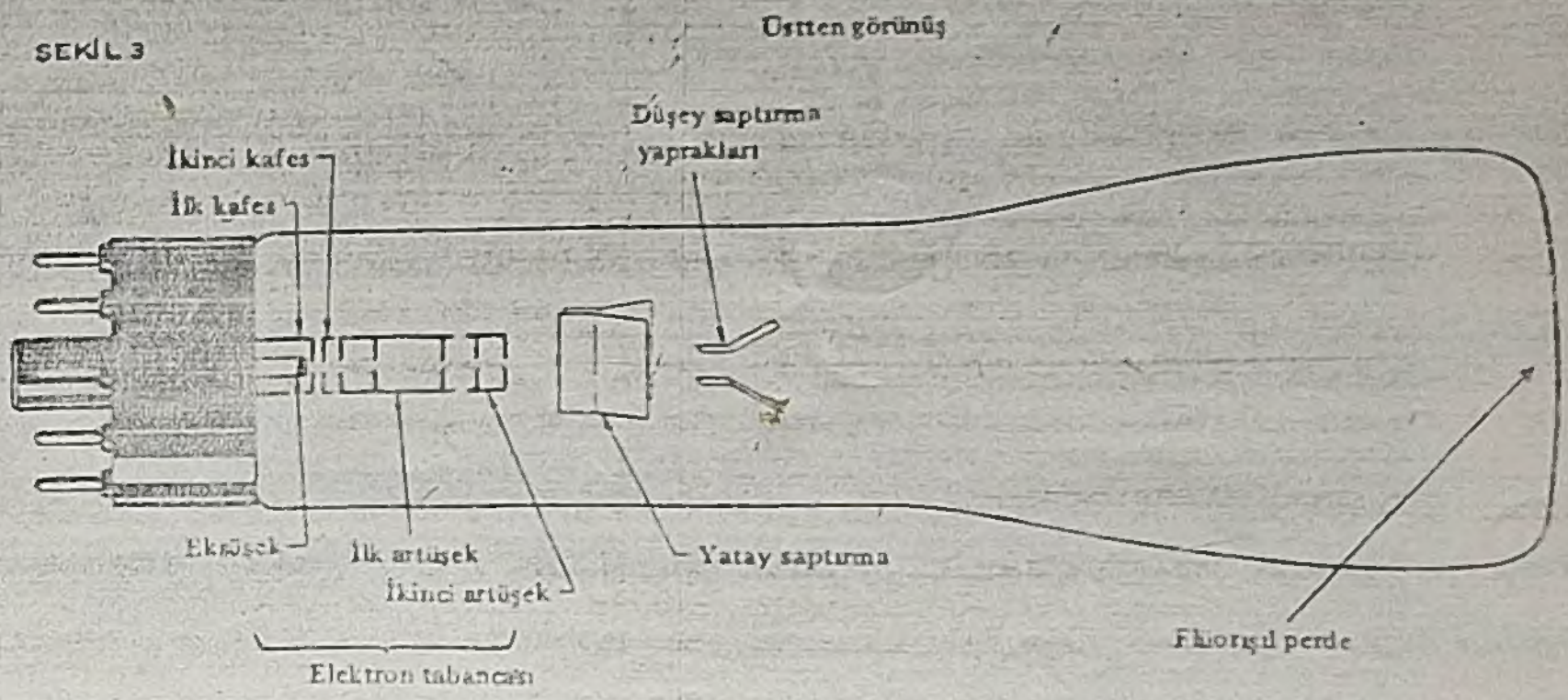


Elektrik-alan kuvveti onu aşağıya çeker. Kütle bir t süresi sonunda $mv_y = F_y t$ enine devinirliği edinir,



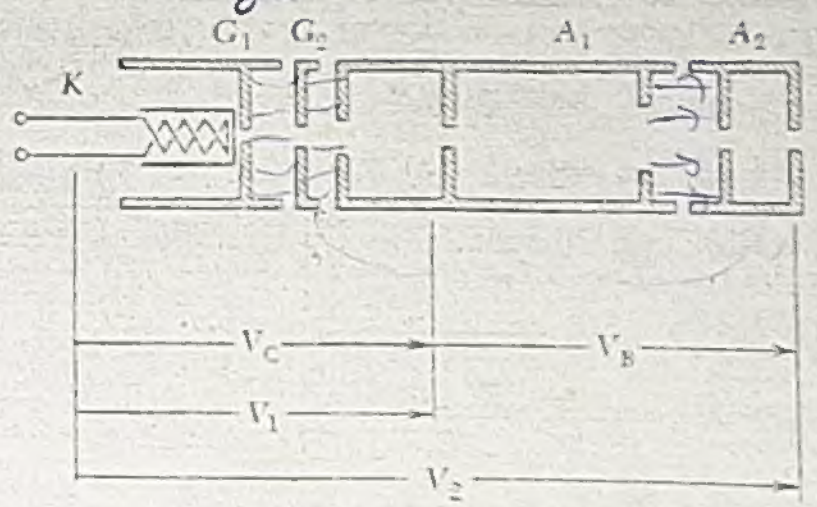
ve hızının doğrultusu bir θ açısı kadar değişir.

ŞEKİL 3



Elektron tabancası Şek. 4'de ayrıntıları ile çizilmiştir. Elektron kaynağı şekilde K ile gösterilen eksüşek (katot) dur. Bu üşek içde görülen bükülmüş ısıtma telinden geçirilen akım ile yaklaşık 1200°K'ya dek ısıtılan bir metal ile bir yuvaktan (silindirden) oluşur. Isıtma teli eksüşekten bir seramik kılıf ile yalıtılmıştır. Yuvağın uç kesimi baryum ve stronsiyum oksit ile kaplıdır. Bu özdekler ısıtılınca elektronlarının bir böluğü yüzeyden kaçmağa yetecek enerji edinirler ve böylece eksüşeği saran boşlukta özgürce devinirler. Bu olaya ısılyükünsel* salım denir.

ŞEKİL 4.



Şek. 4'deki kesitte görüldüğü gibi ... yuvaksal ... yerleştirilmiştir; bunların tabanlarında bulunan dairesel delikler elektron demetine geçit verir. Denetim kafesi denilen G_1 üşeği, eksüşeğe (katoda) göre yaklaşıkça 5 ile 20 V arasında eksi gerilimde tutulur. Böylece arada uyarılan elektrik alanı elektronları yeniden eksüşeğe doğru zorlar. Bu nedenle bu gerilimi değiştirerek G_1'in tabanındaki delikten geçen elektron sayısı, dolayısı ile demetin ... denetlenebilir. G_2 üşeği A_2'ye içten bağlıdır ve her ikisi de K'ya göre artı birkaç yüz, hatta birkaç bin voltluk V_2 geriliminde çalışır. Bu gerilimle uyarılan alan elektronları ... (elektrot) ekseni boyunca hızlandırır. A_1 üşeği, K ile G_2'nin gerilimleri arasında K'ya göre bir V_1 geriliminde tutulur. G_2 ile A_1, A_1 ile A_2 arasında uyarılan alanlar demeti odaklamaya ve dolayısıyla G_1'den çeşitli doğrultularda çıkan elektronları küçük eşyönlü bir demet durumunda bir araya

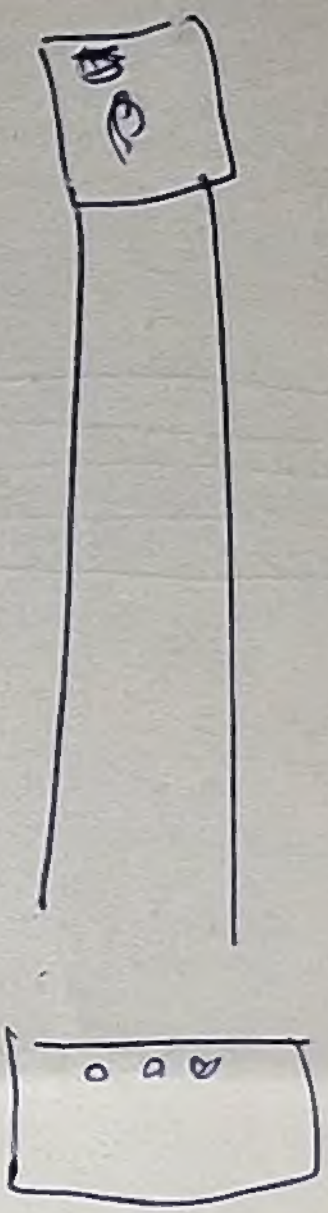
getirmeğe yarar. Bu demetin çapı aslında G_1'deki deliğin çapına bağlıdır. Odaklamanın tam olması V_1 ile V_2 nin, V_1/V_2 için dönüşül bir değer seçilmesi ile olur.

Elektron demeti Şek. 3'de gösterildiği gibi iki çift saptırıcı metal yaprak arasından geçer. Çiftlerden birincisi ve uygulanan gerilim ile, demeti yanlamasına saptıran yatay bir elektrik alanı uyarılır. İkinci yaprak çiftine uygulanan gerilim ise demeti düşey doğrultuda saptırır. Bu sapma olayı Deney EA—1'de ayrıntılı olarak incelenecektir. Sonunda elektron demeti borunun fosforışıl bir özdek kaplı tabanına vurur. Fosforışıl özdek elektron demetinin vurduğu yerde görünür ışıkla ışıldar. Bu olay elektronların fosfor atomlarına çarparak bir bölüğünü taban durumlarından daha yüksek enerji düzeylerine çıkarması sonucu olur. Atomlar olağan enerji düzeyine ya da "taban düzeyine" dönünce enerjilerini görünür ışık olarak salımlarlar.

Cam borunun iç yüzeyi birçok görevi olan *Aquadag* adlı iletken bir grafit yaygısı ile kaplıdır. Bu ikinci artüşek A_2'ye bir iletkenle bağlı olduğundan, onun bir uzantısı durumundadır ve elektron demetini çevredeki yabancı bir elektrik alanının etkisinden korur. Bu yaygı, fosforışıl özdeğin, elektron çarpmasıyla salımladığı ikincil elektronları toplar ve aynı zamanda dışarıdan gelen ışığın fosforlu iç yüzeye vurarak onun parlamasını ve dolayısıyla perdedeki görüntüde ton keskinliğinin azalmasını önler.

UYARI

İçinde yüksek boşluk bulunuşu ve perdenin geniş düz bir yüzey durumunda oluşu yüzünden, lambanın kullanılışında uyanık olmalıdır. Cam kılıfa çarpmaktan ya da bir çizikten ileri gelen bir zedelenme, sert bir patlamaya yol açabilir ve perde maddesi ile cam her yere saçılır. Laboratuvarda kullanılan elektron borusunun koruyucu bir kılıfı vardır ve boruya ancak bu kılıf takılı iken dokunulmalıdır. Lambayı elmas bir yüzük ile kullanmayın. Çünkü elmas camı kolayca çizip kırılmasına yol açabilir.



ELEKTRONLARIN HIZLANMASI VE SAPTIRILMALARI

GİRİŞ

Bu deneyde elektronların elektrik alanında ivme kazanarak hızlanmasını ve yörüngelerinin bükülmesini gözleyeceksiniz. Elektron [redacted] anlatmak için [redacted] (Koordinatlar) dizgesini kullanacağız ve z eksenini lamba borusu ekseni doğrultusunda, x eksenini lamba taban yüzeyine göre yatay doğrultuda ve y ekseni de bu düzlemde düşey doğrultuda alacağız.

[redacted] (katodtan) püskürülen bir elektron, elektron tabancasının deliklerinden geçtikten sonra A_2 artı [redacted] z doğrultusunda bir v_z hızı ile çıkar. v_z'nin büyüklüğü K ile A_2 arasındaki $V_2 = V_B + V_C$ gerilim farkına bağlıdır. Elektron K'dan A_2 'ye dek gitmekle eV_2 gizilgüç enerjisini yitirir. Öyleyse eksüşekten (katoddan) önemsenmeyecek bir devinim enerjisi ile ayrılan bir elektronun A_2 'den çıktıktan sonraki $\frac{1}{2}mv_z^2$ devinim enerjisi

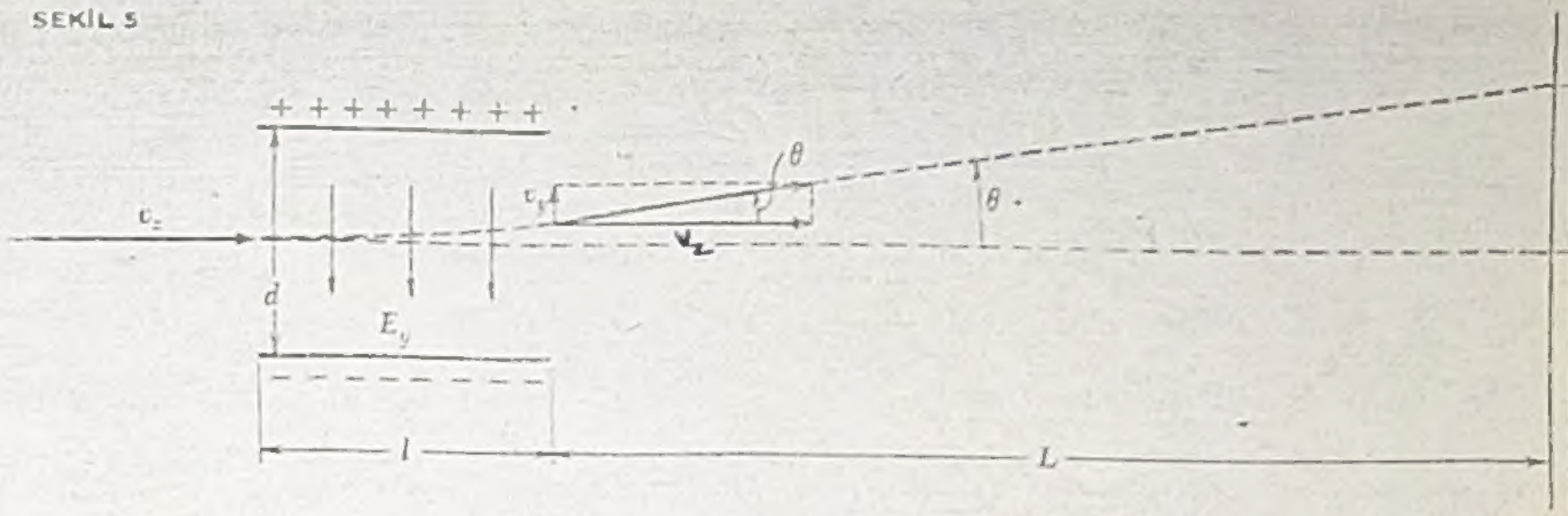
$$\frac{1}{2}mv_z^2 = eV_2 \tag{1}$$

bağıntısı ile verilir. Elektron şimdi, saptırıcı yapraklar arasında hiç bir gerilim farkı yoksa, dosdoğru geçer ve elektron tabancası tam olarak ayarlanmış ise, perdenin ortasına çarparak küçük parlak noktamsı bir iz bırakır. Şimdi yatay yaprak çiftine bir V_d gerilim çıkarımı uygulandığını düşünelim: Yapraklar arasında enine, düşey bir E_y alanı ve dolayısıyla enine bir F_y kuvveti oluşacak ve bu kuvvet hızın v_z bileşenini değiştirmeksizin elektrona enine bir v_y hızı verecektir. Böylece elektron saptırıcı yapraklar arasından Şek. 5' de görüldüğü gibi, eksenle

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{v_y}{v_z} \tag{2}$$

bağıntısının belirlediği bir θ açısı ile çıkacaktır.

ŞEKİL 5



Saptırıcı gerilim ve yaprak boyutları bilinirse bütün bu nicelikler şimdi göstereceğimiz biçimde hesaplanabilir.

---

* artüşek : Anot

Önce Şek. 5'deki gibi d aralıklı iki yaprak arasındaki V_d gerilim çıkarımı $E_y = V_d/d$ enine elektrik alanı uyarır ve dolayısıyle elektronu $F_y = eE_y = eV_d/d$ değerinde enine bir kuvvet etkiler. Bu kuvvet elektrona, yapraklar arasından geçtiği Δt süresince, enine kuvvetin verdiği itmeye eşit enine bir mv_y devinirliği* verir:

$$mv_y = F_y \Delta t = eV_d \frac{\Delta t}{d} \tag{3}$$

Buradan

$$v_y = \frac{e}{m} \frac{V_d}{d} \Delta t \tag{4}$$

çıkar. Öte yandan Δt süresi, elektronun yapraklarının l genişliğini z boyunca v_z hızı ile aşma süresidir. Öyleyse $l = v_z \Delta t$'den Δt çekilir ve Denk.4, konursa

$$v_y = \frac{e}{m} \frac{V_d}{d} \frac{l}{v_z} \tag{5}$$

sonucu elde edilir. Öyle ise sapma açısı

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{v_y}{v_z} = \frac{eV_d l}{dmv_z^2} \tag{6}$$

ile verilir. Denk.1 enerji özdeşliğinden yararlanarak

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d} \tag{7}$$

elde ederiz. Beklediğimiz gibi bu denklemden, yörünge bükülmesinin V_d saptırıcı gerilimi ile ve yaprakların boyu ile oranlı olarak değiştiği görülür. Yaprakların uzun olması, E_y alanının elektronları daha uzun süre etkileyerek sapmaların artmasını sağlar. Sapma d ile ters oranlıdır: Verilen bir toplam gerilim çıkarımı için yapraklar birbirlerine ne denli yakın olursa saptırıcı alan onca büyük olur. Son olarak, $V_2 = V_B + V_C$ hızlandırıcı geriliminin küçülmesi, elektronların eksenel hızlarının azalmasını ve saptırıcı alanın daha uzun bir süre etkilemesini sağlayacağı için sapmayı artırır. Bundan başka aynı v_y hızı için küçük eksensel hızlarla daha büyük açısal sapmalar elde ederiz.

Elektron demeti saptırıcı bölgeden ayrıldıktan sonra, yörüngesine tam ayrıldığı noktada çizilen teğet doğru boyunca devinir. Böylece perde üzerindeki parlak benek düşey doğrultuda $D = L \operatorname{tg} \theta$ özdeşliği ile verilen bir D uzaklığı kadar kaymıştır. Burada l perde ile yapraklar kıyısı arasındaki uzaklıktır. (Perdenin az tümsekliğini göz önüne almıyoruz). Yapraklar arasındaki devinimin daha ayrıntılı incelemesi L'nin yaprakların orta yerinden perdeye kadar ölçülmesi gerektiğini gösterir. Böylece:

$$D = L \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d} \tag{8}$$

olur.

DENEY

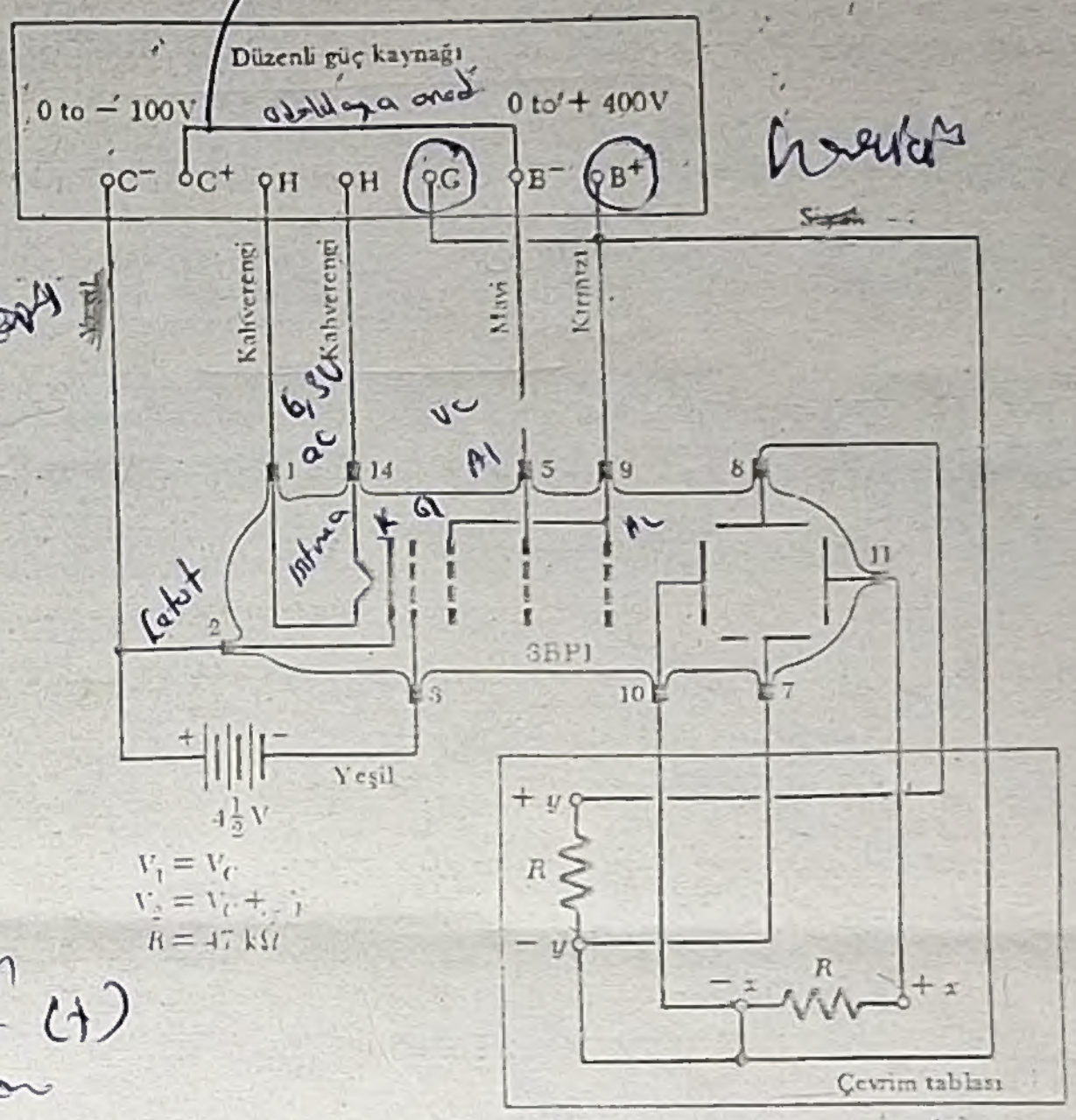
1. ELEKTRİKSEL BAĞLANTILAR

Güç kaynağı ile eksüşek lambası arasındaki elektriksel bağlantılar Şek. 6'da gösterilmiştir. Bağlantıların doğru yapılmasını kolaylaştırmak için lambadan çıkan teller farklı renklerle belirtilmiştir.

---

* Devinirlik : Momentum

ŞEKİL 6



$V_1 = V_C$
$V_2 = V_C + V_B$
$R = 47\ k\Omega$

Fitil güç kaynağının H-H uçlarından sağlanan 6,3 V dalgalı akım (ac) ile ısıtılır. ~~Eksüşek~~ (katod) C kaynağının ($C-$)eksi ucuna bağlanmalıdır. C kaynağının artı ucu($C+$)odaklayıcı anoda bağlanır ve böylece $V_1 = V_C$ (gerilim farkı) sağlanır. B kaynağının eksi ucu($B-$) aynı zamanda odaklayıcı artüşeğe (anoda) da bağlı olup artı ucu ($B+$)hızlandırıcı kafese ve son artüşeğe bağlıdır. Demek ki, Şek. 4'de gösterildiği gibi K ile A_2 arasındaki V_2 toplam hızlandırıcı gerilim $V_2 = V_C + V_B$'dir.

Denetim kafesi (G_1) gerilimi şekilde görüldüğü gibi, kafesi ~~eksüşeğe~~ katot göre eksi küçük bir ~~ucaylanım~~ kutuplanım gerilimi kullanılmalıdır ve perdede yeterince parlak bir benek çıkması için alçak hızlandırıcı gerilimlerde ucaylanım gerilimini azaltmak gerekli olabilir.

nedeni çünkü daha fazla e^- geçebilecek.

---

* ucaylanım : kutuplanım

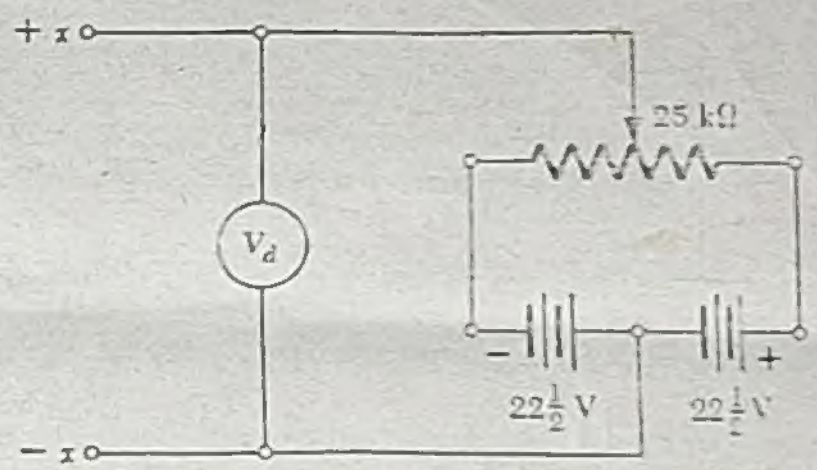
UYARI

G_1 'i hiç bir zaman sıfır ucaylanım gerilimi ile çalıştırmayın. Çünkü aşırı parlak bir nokta perdenin elektron dövmesi ile fazlaca ısınmasına, dolayısı ile o bölgedeki fosforışılın bozulmasına yol açar.

Bir önlem olarak $B+$ ile güç kaynağının aygıtın metal kutusuna bağlı G uçları arasına bir tel bağlamalıdır. Bu işlem saptırıcı yapraklardaki gerilimin yer gerilimine yakın olmasını sağlayarak elektrik çarpması tehlikesini önlemiş olur. Bu düzenekle ucaylanım bataryasında yere göre eksi olan birkaç yüz voltluk bir gerilim ortaya çıkar bu bataryanın herhangi bir ucuna ya da bataryaya bağlı tellerden birine değerseniz, belki de yaşamınıza mal olabilecek zorlu bir elektrik çarpmasına uğrayabilirsiniz.

Saptırıcı metal yaprağın bağlantıları polietilen ile yalıtılmış çift iletken ile yapılır (TV anten tellerindeki gibi). Düşey ve yatay saptırıcı yaprakların telleri lamba tabanındaki uçların denetimi ile tanınabilir. Şek. 6 'da R ile gösterilen dirençler saptırıcı yaprakların arasına tutturulmuşlardır. Saptırıcı yapraklar için değişken gerilim Şek. 7'de gösterildiği gibi ortasından bağlantı yapılabilen 45 V'luk bir batarya ve bir gerilimbölerden elde edilebilir. Bu çevrimin çalışmasını ve gerilimin hangi sınırlar arasında değiştirilebileceğini bildiğinize güvenmelisiniz. Gerilim Şek. 7'deki gibi bağlı bir gerilimölçer ile ölçülür.

ŞEKİL 7



Bütün bağlantılarınızı gözden geçirdikten sonra güç kaynağı düğmesini STANDBY konumuna getirin; bu fitil ısıtıcısının alçak gerilimini çalıştırır, ama yüksek gerilimi çalıştırmaz. Eksüşeğin arkasındaki fitil tellerinin ısınarak kızarması göze çarpacaktır. Bir dakika sonra güç kaynağının düğmesini ON konumuna getirebilirsiniz. B 'ye en sonuna kadar çevirip iyi odaklanmış küçük bir benek elde edinceye dek C'yi ayarlayın. Bu durumda artık demet sapmasını inceleyebilirsiniz.

2. SAPMA ÖLÇÜMÜ

Hızlandırıcı ve odaklayıcı gerilimleri değiştirmeden D sapmasını V_d saptırıcı gerilimine bağlı olarak ölçün. Saptırıcı yaprakların merkezinin perdeye olan L uzaklığını ölçün ya da aygıtla ilgili katalogdan alın. V_d 'nin her değeri için $\text{tg}\theta$ 'yı hesaplayın ve $\text{tg}\theta$ 'yı V_d 'ye bağlı olarak bir çizitle gösterin. Eğrinin biçimi nasıl olmalıdır? Neden? V_B ve V_C 'nin değerlerini yazmayı unutmayın.

3. DEMET GERİLİMLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ

V_B 'yi değiştirin; iyi bir odaklama için V_C 'yi ayarlayın ve $\text{tg}\theta$ 'yı V_d 'ye bağlı olarak yeniden çizin. Birincisi ile bu çizit arasında ne ayrım var? Deneyi V_B 'nin en az iki değeri için daha yineleyin.

4. ÇİZGE İLE ÇÖZÜMLEME

Her $\text{tg}\theta$ 'yı karşılığı olan $V_2 = V_C + V_B$ ile çarpın ve $V_2\,\text{tg}\theta$ 'yı V_d 'ye bağlı olarak çizin. Denk.7 'yi kullanarak sonucun ne olması gerektiğini kestirebilir misiniz?

5. l/d 'NİN BULUNMASI

Yukarıki çizitlerden *l/d* oranını bulabilir misiniz? Bulduğunuz oranı yaprakların doğrudan ölçümü ile elde edilen değerlerle karşılaştırın. Yaprakların sınırları ötesine taşan kaçak alanlar dolayısı ile bunların etkin boyu gerçek boyundan oldukça büyüktür. Sonuçlarınız Deney A–3 ün sonuçları ile karşılaştırılabilir.

SORULAR

1 Düşey sapmanın gerilim duyarlığı, yani birim sapma için gerekli saptırıcı gerilim nedir? Bu, hızlandırıcı gerilim ile nasıl değişir?

2 Düşey ve yatay gerilim duyarlıklarının eşit, ya da değişik olmasını bekler misiniz? Niçin? Zamanınız olunca bunu sınayabilirsiniz.

3 Şek.6 'da *R* ile gösterilen dirençlerin görevi nedir?

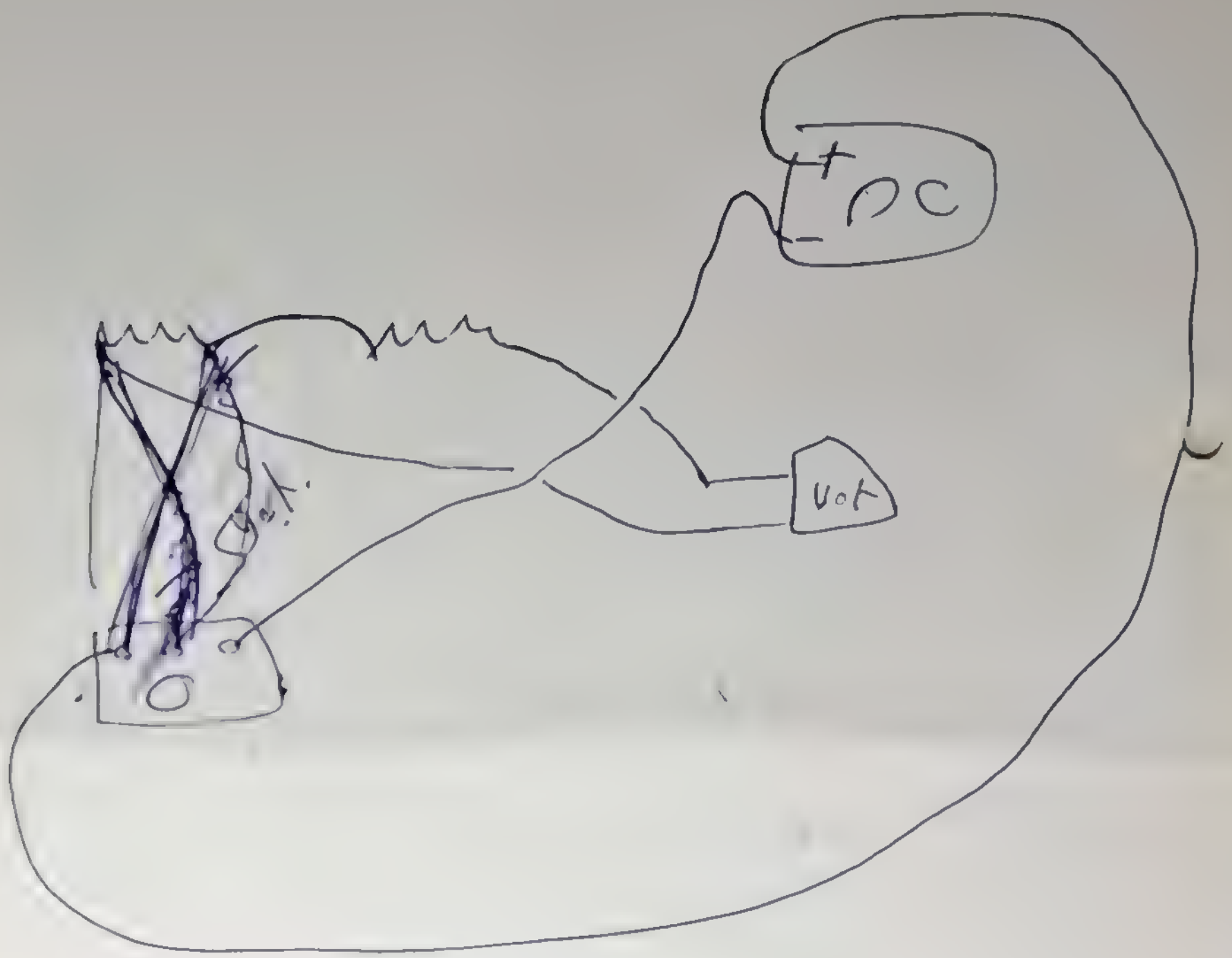
4 Hızlandırıcı gerilim $V_2 = 500$ V olursa demetteki elektronların hızları ne olur? Bir elektronun elektrik şekten perdeye dek gitmesi için ne kadar zaman gerekir?

5 Saptırıcı yapraklara bir dalgalı gerilim (AC) uygulanırsa ne olur?

6 Saptırıcı yapraklar tam düz olarak yerde uçları niçin dışa bükülmüştür?

7 Yerçekimi kuvvetinin elektronların devinimine önemli bir etkisi olur mu?

8 Elektron deviniminin incelenmesinde demetteki elektronlar arasındaki etkileşimi ele almadık, bu savsamanın haklılığını nasıl gösterirsiniz?

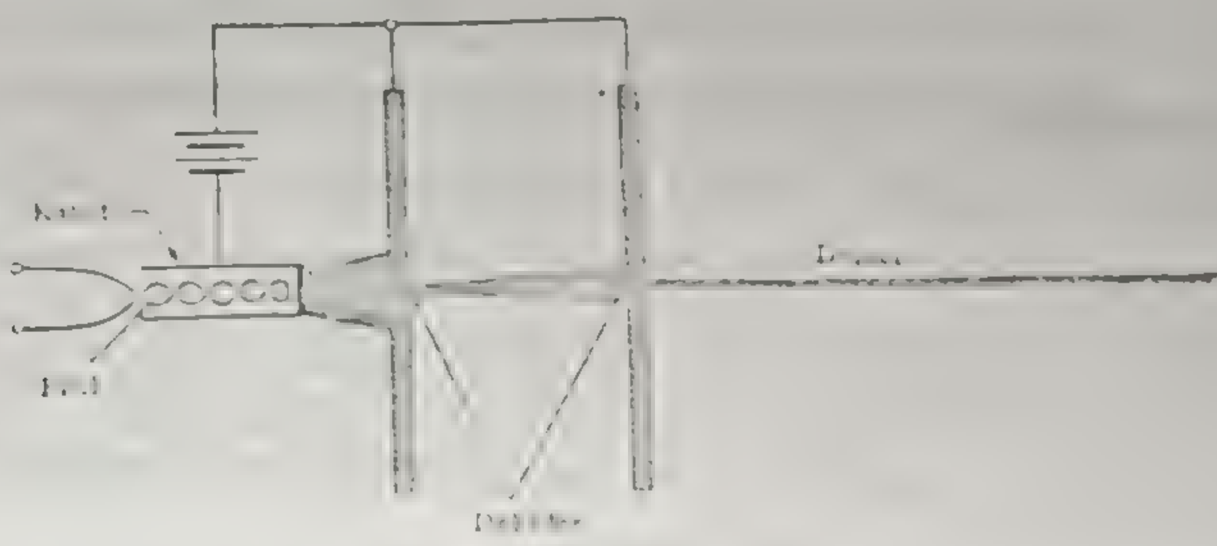

+
DC
-
Vot
Vot.

ODAKLAMA VE YEĞİNLİK AYARI

GİRİŞ

Bu dizinin ilk deneyi bir elektron demetinin düzgün bir elektrik alanında sapması ile ilgili idi. Bu deneyde elektron ışınları lambasının verdiği demetin elektron tabancasını oluşturan çeşitli üşeklerle nasıl denetim altında tutulduğunu ve nasıl odaklandığını inceleyeceğiz. Odaklayıcı ~~[illegible]~~ elektrotların işleyişi bir ışık demetini odaklayan yakınsak merceklerinkinin tam benzeridir ve bu benzerlik, ayrıntıları ile aşağıda tartışılacaktır.

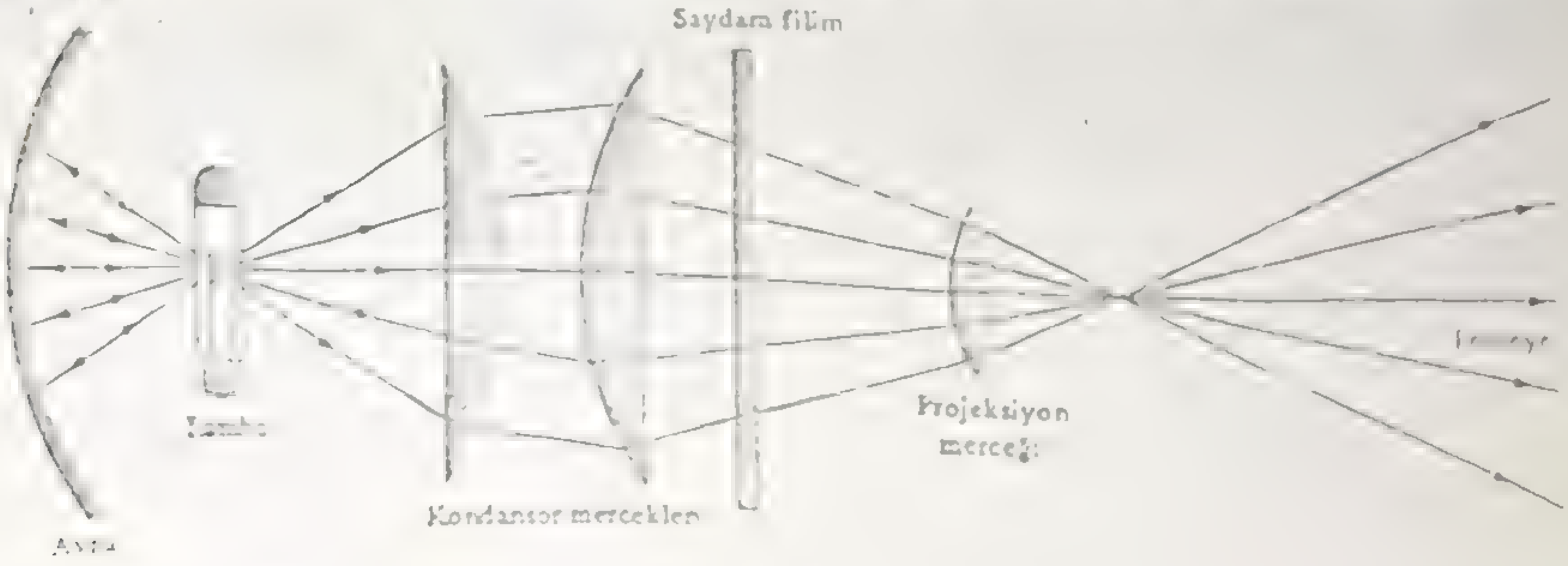
ŞEKİL 8



Bir elektron demeti ilkeler bakımından Şekil 8'de gösterilen düzenek ile oluşturulabilir, delikleri yeterince küçük tutarak demeti istediğimizce inceltebiliriz. Uygulamadaki güçlük, elektronların ısıtılan [illegible] doğrultuda [illegible] ileri gelir; bunların çok küçük bir kısmı ~~artıyük~~ (anod) deliklerinden doğrultusunu [illegible] çıkar. Elektronlardan çoğu [illegible] tabanındaki perdeye değil [illegible] çeperlere vurur sonuçta perdedeki nokta görülemeyecek kadar sönük kalabilir.

[illegible] elektrik alanı kullanarak [illegible] doğrultusunda olmayan elektronların [illegible] ve perdeye [illegible]. Böylece çok [illegible] (şiddetli) bir demet ve [illegible] Durum Şekil 9'da gösterilen bir film projeksiyon aygıtın-

ŞEKİL 9

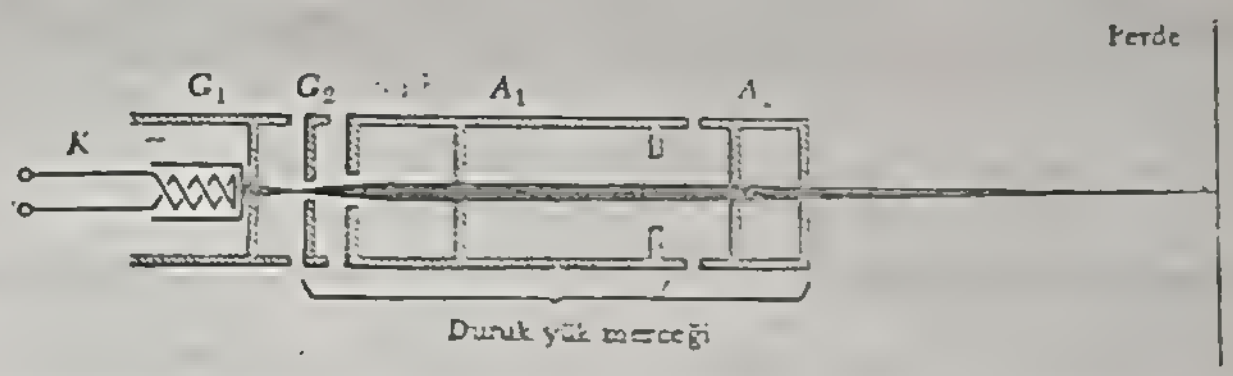


- - - - - - - - - - - -
Yeğinlik: Şiddet

daki toplayıcı mercek ile çukur aynanın oluşturduğu düzeneğe benzer. Bu düzenek, projeksiyon lambasından çeşitli doğrultularda çıkan ışığı çukur aynalar yansıtıp mercekle kırarak filimden ve projeksiyon merceğinden geçip perdeye ulaşmasını sağlayacak biçimde toplar. Toplayıcı mercekler çıkarılırsa perdede görüntü yine görülür ama çok ~~yeğnilmiş~~ (zayıflamış)tır

Şek. 10 çeşitli üşeklerin kesitini gösteriyor. Hızlandırıcı ve odaklayıcı alanlar başlıca elektrotlar arasındaki bölgelerdir; ~~eşgerilim~~ yüzeyler ile aşağı yukarı tümüyle çevrili bulunduğu için A_1 ve A_2 'nin iç bölgeleri alansızdır. eşpotansiyel

ŞEKİL 10



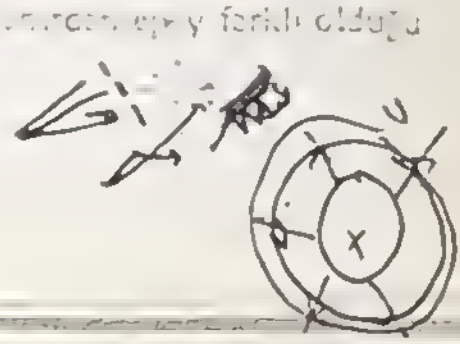
A_1 'in iki ucundaki alanların odaklama işlemini nitel olarak anlamak için A_1 ve A_2 arasındaki bölgeyi göz önüne alalım. Bu bölgenin kesitinin büyütülmüşü Şek. 11'de gösterilmiştir. Şekil aynı zamanda birkaç ~~eşgerilim~~ eşpotansiyel yüzeyin ve elektrik alanı kuvvet çizgisinin kesitini de gösteriyor. Elektron uzaklaştırıcı v_r hız bileşeni ile A_1 'den çıkan bir elektron, enine alan bileşeninin eksene doğru çeken etkisiyle karşılaşır ve yörüngesi eksene doğru bükülür. Elektron alanın sağdaki A_2 'ye ve E 'nin E_r enine bileşeninin elektronu eksenden uzaklaştırdığı bölgede E_z eksensel bileşeni ile de hızlanır; ama bu bölgede daha hızlı devindiği için dışarı doğru olan itme daha önceki içeri doğru itmeden daha küçük kalır ve dolayısı ile elektronun net sapması eksene doğru olur. Şek. 11'deki alan çizgilerini ve eksi olan elektrona etkiyen kuvvetleri yeniden çizerek yörüngenin başta eksene doğru son kısımda eksenden öteye büküldüğünü görür.

Gerilim ters çevrilse de odaklama olur. Bu durumda demet önce dışa doğru itilir. Sonra yavaşlatılır ve daha sonra A_2 'ye yaklaşırken içe doğru çekilir. Elektronlar ikinci bölgede birincidekinden daha fazla kaldıklarından sonunda içe doğru çekilmiş olurlar.

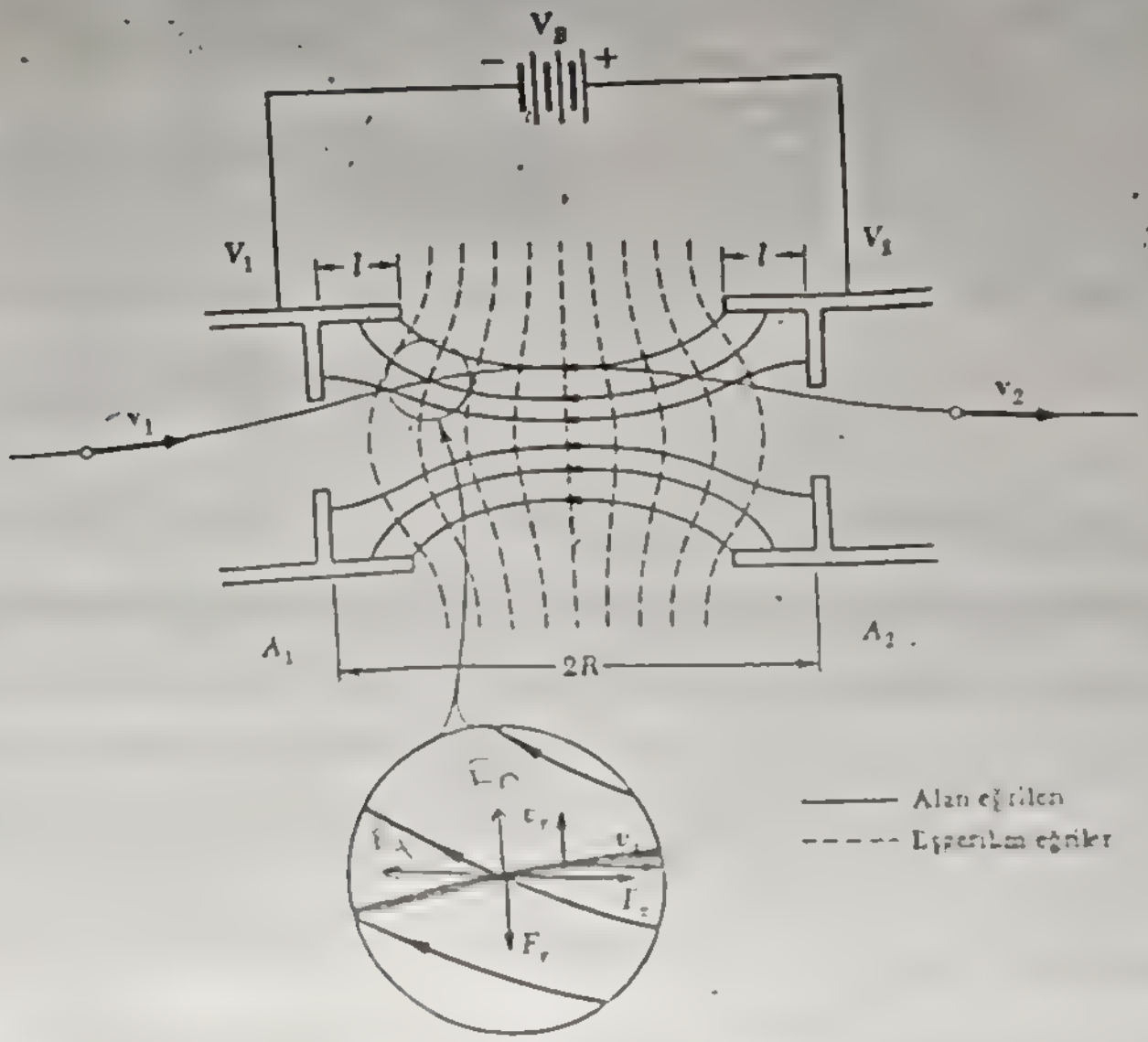
Odaklama işleminin temel geometrisi, elektron yörüngesinin tüm çizitini veren Şek. 12'de gösterilmiştir. Burada odaklayıcı üşekler arasındaki yolun toplam yol uzunluğuna göre küçük olduğu varsayılmıştır. Elektronların G_2 birinci hızlandırıcı elektrodundan aşağı yukarı aynı v_z eksensel hız bileşeni, ama değişik v_r ışınsal bileşenleri ile çıktığını düşünelim. O zaman elektronlar eksenden olan uzaklıkları r değerleri ile oranlı olacak biçimde, odaklama bölgesine eksenden çeşitli r uzaklıklarında ulaşırlar. Odaklama bölgesinin görevi, değişik v 'lerle gelen elektronları perdeye doğru çevirmek için v_r leri yeterince değiştirmektir. Böylece v_r 'lerin son değerleri de r ile oranlı olmalıdır.

Bu durumda odaklamada temel koşul, her elektron için Δv_r ışınsal hız değişiminin r ile oranlı olmasıdır. Durum ıraksak ışık ışınlarının yakınsak bir mercek ile odaklanmasına benzer. Uygulamada odaklama bölgesinin uzunluğu toplam yol uzunluğuna bakınca savsanacak biçimde küçük olmadığından durumun optik benzeri kalın merceklerdir. Bu benzerlik Şek. 13 ve 14 de daha ayrıntılı olarak işlenmiştir. İlerde göreceğimiz gibi, durgun elektrik alanı ile odaklamada da optik bağıntıya çok benzeyen bir mercek denklemi ve bundan da öte bir "kırılma indisi" vardır.

Elektron devinimini daha ayrıntılı olarak çözümlemek için A_1 ve A_2 arasındaki bölgede uyarılan E elektrik alanını Şek. 11'de gösterildiği gibi E_z eksensel ve E_r ışınsal bileşenler cinsinden gösterelim. Uç bölgeler dışında E_z hemen hemen bitek yeder, ve E [illegible] eşey farklı olduğu değilmiş.

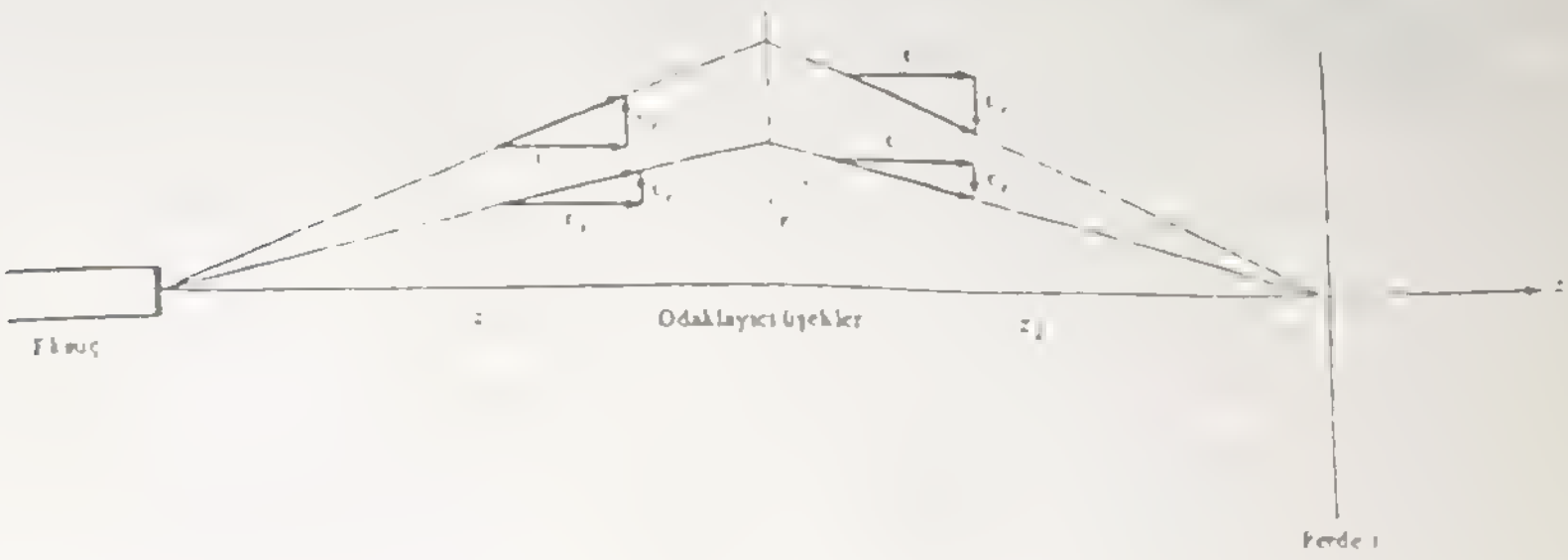


ŞEKİL 31



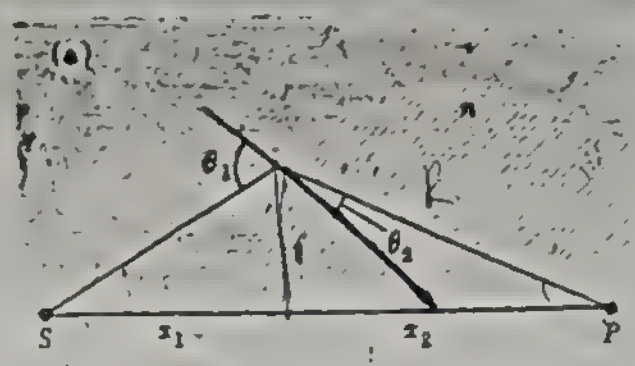
varsayılır. Bu iki bileşenin birbirinden bağımsız olmadığını göreceğiz, eğer E_r biteviye bir alan ise E_z eksenden olan r uzaklığı ile oranlı olmalıdır. Bu bağıntı odaklama işleminde çok önemlidir. Elektronun v hızını v_z eksensel ve v_r ışınsal bileşenleri ile gösterelim.

ŞEKİL 32



ŞEKİL 10

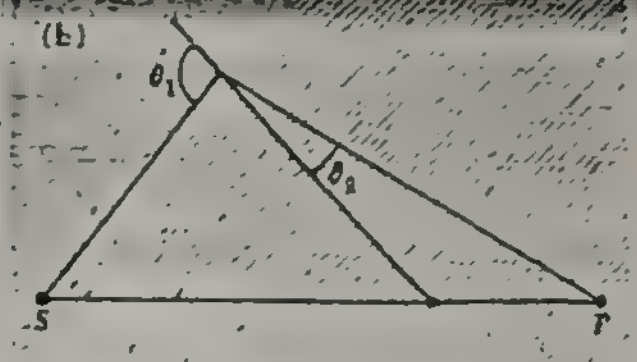
(a)



$$\sin\theta_1 = \frac{r}{x_1} + \frac{r}{R}$$

Optikçe daha yoğun bir ortama giren ışık ışını yüzeyin dikine yaklaşarak kırılır.

(b)



$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n$$

Gelme ve kırılma açıları Snell yasası ile bağlıdırlar

(c)

$$\sin\theta_1 \approx \frac{r}{x_1} + \frac{r}{R}$$

$$\sin\theta_2 \approx \frac{r}{x_2} - \frac{r}{R}$$

Eksene yakın ışınlar için yukarıdaki yaklaşıklığı alabiliriz.

(d)

$$\frac{1}{x_1} + \frac{n}{x_2} \approx \frac{n-1}{R}$$

Bunu Snell yasasında yerine koyarak bir kırıcı yüzey için mercek eşitliğini elde ederiz.

(e)

n

S

$$\frac{1}{x_1} + \frac{n}{x_2} = \frac{n-1}{R}$$

Eğer n birden küçük ise, ya da

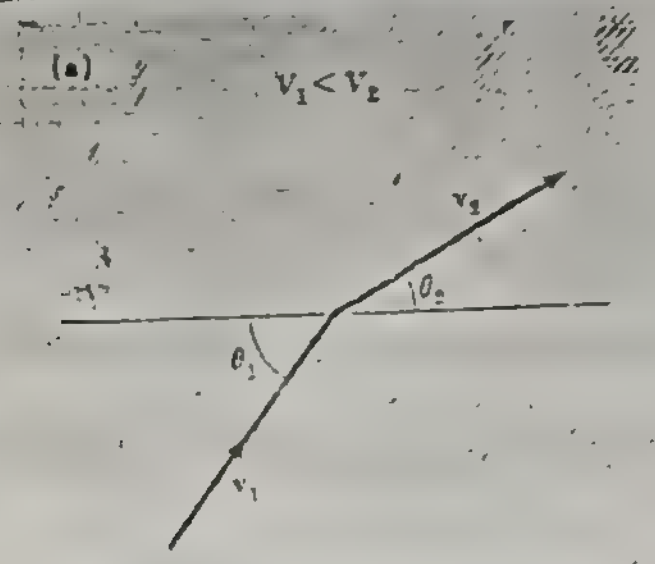
(f)

n

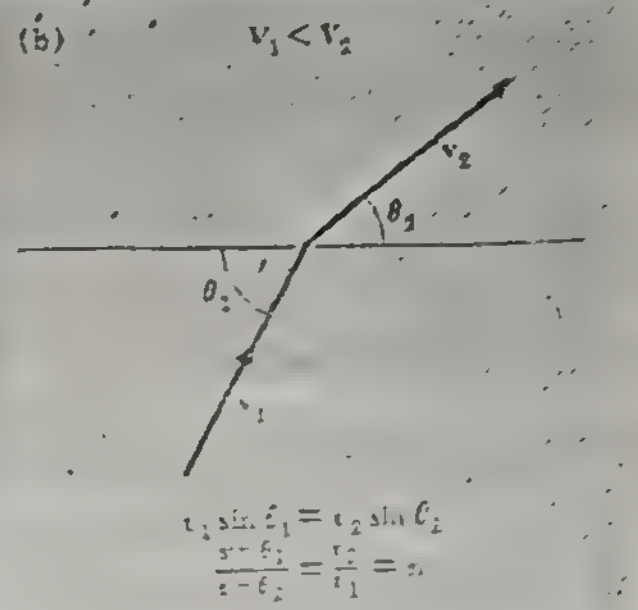
S

R eksi ise, yüzey yakınsaktır.

ŞEKİL 14



Elektriksel gerilimi daha yüksek bir bölgeye giren bir elektron eşgerilim yüzeyine dikine doğru yaklaşarak kırılır.



$$v_1 \sin\theta_1 = v_2 \sin\theta_2$$
$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_2}{v_1} = n$$

Geçiş ve kırılma açıları arasındaki bağıntı enine hız bileşeninin sürekliliği sonucudur.

(c)

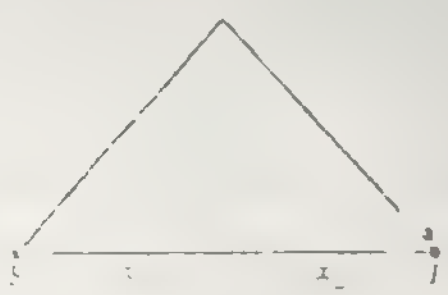
Sabit gerilimli iki bölge karmaşık bir ara bölgesi ile ayrılır.

(c) $V_1 > V_2$

$$\frac{1}{x_1} + \frac{n}{x_2} = \frac{n-1}{R}$$

Bu nedenle mercek eşitliği daha karmaşık bir biçim

(c) $V_1 \geq V_2$



$$\frac{1}{x_1} + \frac{n}{x_2} = \frac{n-1}{R}$$

Buna göre durgun alanlı bir mercek yüksüz uzayda yakınsaktır.

Şimdi V_1, A_1 'in ve V_2 'de A_2 'nin katoda göre gerilimleri olsun. Elektronların katoddan ilk hız almadan ayrıldıklarını düşünürsek A_1 ve A_2 içindeki hızları sıra ile

$$\tfrac{1}{2}mv_1^2 = eV_1 \qquad \text{ve} \qquad \tfrac{1}{2}mv_2^2 = eV_2 \tag{9}$$

enerji eşitlikleri ile verilir. Böylece elektron A_1 ile A_2 arasındaki bölgeye v_1 eksensel hızı ile girer. Başlangıçta elektronun eksenden bir r uzaklığında bulunduğunu düşünelim; l yolunu alması için geçen zaman $\Delta t = l/v_1$'dir. Bu süre boyunca $-eE_r$ ışınsal alan kuvveti elektrona

$$-eE_r\,\Delta t = -\frac{cE_r l}{v_1} \tag{10}$$

itmesini verir. Bu itme enine devinirlik (momentum)'teki $m\,\Delta v_r$ değişimine eşittir, böylece elektron hızının ışınsal bileşenindeki değişim

$$\Delta v_r = -\frac{e}{m}\frac{E_r l}{v_1} \tag{11}$$

dir. Bu durumda elektron orta bölgeyi

$$E_z = \frac{V_2 - V_1}{2R} \tag{12}$$

ile verilen E_z düzgün eksensel alanın etkisi altında geçer. Bu alan elektronun hızının ışınsal bileşenini değiştirmeden eksensel hızını v_1 'den v_2 'ye çıkarır. Sonunda ikinci uç bölgedeki hızın ışınsal bileşeni, Denk. 11'de v_1 yerine v_2 koymakla elde edilen

$$\Delta v_r = +\frac{e}{m}\frac{E_r l}{v_2} \tag{13}$$

miktarı kadar değişir. Buna göre v_r 'daki net değişim

$$\Delta v_r = -\frac{e}{m} E_r l\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right) \tag{14}$$

dir.

O halde yukarıda belirtildiği gibi E_r bileşeni E_z eksensel bileşenine bağlıdır. Bu eşitliği elde etmenin en kolay yolu uçlarla l aynı eksenli, r yarıçaplı bir silindire Gauss yasasını uygulamaktır. Şek. 15'de gösterildiği gibi silindirin merkezinden geçen akı çizgilerinin çoğu l boyundaki uç bölgelerden çıkar. Bu silindirin merkezinde r yarıçaplı bir kesitten geçen akı $\pi r^2 E_z$ olup uç bölgelerinden birinden geçen ışınsal akı $2\pi r l E_r$ 'dir. Bunların birbirine eşit olması gerektiğinden

$$E_r = \frac{r}{2l}E_z = \frac{r}{2l}\frac{V_2 - V_1}{2R} \tag{15}$$

elde edilir. Bu E_r 'nin gerçekten r ile orantılı olduğunu gösterir.

Bu sonucu Denk. 14 'de kullanarak

$$\Delta v_r = -\frac{e}{m}\frac{r}{4R}(V_2 - V_1)\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right) \tag{16}$$

elde ederiz. Bu eşitlik odaklamanın gerektirdiği gibi Δv_r 'nin de r ile orantılı olduğunu gösterir. $V_2 - V_1$ miktarı v_1 ve v_2 hızlarına Denk. 9'da verilen enerji eşitlikleri ile bağlıdır. Bu eşitliklerden

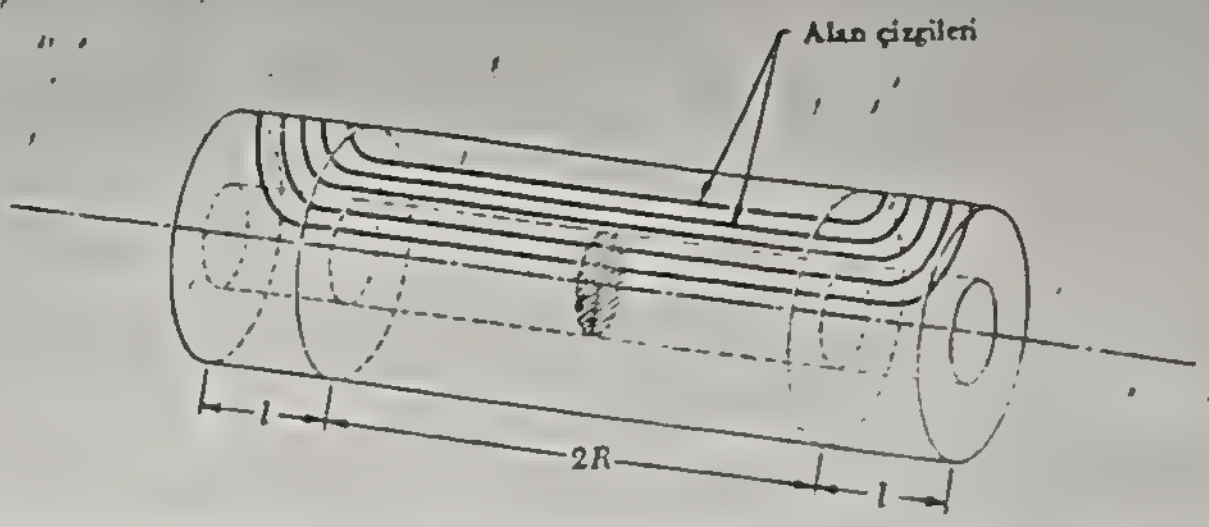
$$(V_2 - V_1) = \frac{m}{2e}(v_2^2 - v_1^2) \tag{17}$$

elde edilir. Bunu Denk. (16)'ya taşırsak

$$\Delta v_r = -\frac{r}{8R}(v_2^2 - v_1^2)\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right) \tag{18}$$

bulunur.

ŞEKİL 15



Son olarak Δr_1 'yi Şek. 12'de gösterilen cisim ve görüntü uzaklıklarına (z_1, z_2) bağlayalım. v_1 'nin ilk değerinin rv_1/z_1 ve son değerinin $-rv_2/z_2$ olduğunu gördük öyle ise hızdaki değişme

$$\Delta v_1 = -r\left(\frac{v_1}{z_1} + \frac{v_2}{z_2}\right) \tag{19}$$

dir. Bunu Denk. (18) ile birleştirerek ve

$$n = \frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{1/2} \tag{20}$$

kısaltmasını kullanarak sonunda

$$\frac{1}{z_1} + \frac{n}{z_2} = \frac{(n-1)^2(n+1)}{8nR} \tag{21}$$

elde ederiz. Bu denklemin, Şek. 13 ve 14'den görüldüğü gibi, bir kırıcı yüzeyin görüntü oluşturma denklemine çok benzediği açıktır. Yalnız durukelektrik merceklerinin odak uzaklığı n'ye daha karışık biçimde bağlıdır.

G_2 ve A_1 arasındaki odaklama bölgesi için de tam benzer bir çözümleme yapılabilir. Bu iki bölge birlikte kalın bir merceğin iki yüzeyi gibi davranır ve bileşik ortak odak uzaklığı ve ana düzlemlerin konumları, ayrı ayrı odak uzaklıklarından hesaplanabilir. Uygulamada, oranlar öyle seçilir ki elektronlar odaklayıcı artışek (anod) içinde hemen hemen eksene koşut devinsinler. Bu durumda A_1-A_2 bölgesinin etkisi yoldaş bir demeti perde üzerine odaklamaktır.

3BP11 ve benzer elektron borularında elektron tabancası, $V_1/V_2 = \frac{1}{4}$ ya da kırılma indisi yaklaşık olarak $n = 2$ olacak biçimde düzenlenmiştir. Bu değeri Denk. (21)'de $z_1 = \infty$ ve $z_2 = 16$ cm (A_2'den perdeye olan yaklaşık uzaklık) ile birlikte yerine koyarak R etkin değerini yaklaşık 1,5 cm buluruz.

Denk. (21)'e dönersek, A_1-A_2 bölgesinin odak uzaklığının, istenilen 16 cm değerini alması için n 'nin

$$\frac{n}{16\text{ cm}} = \frac{(n-1)^2(n+1)}{8n(1{,}5\text{ cm})}$$

ya da

$$(n-1)^2(n+1) - \tfrac{3}{4}n^2 = 0 \tag{22}$$

denklemini sağlaması gerekir. Bu üçüncü dereceden denklem olduğundan üç kökü vardır. Biraz önce belirtildiği gibi köklerden biri $n = 2$'dir. Bu, öteki ikisini bulmakta kullanılabilir. Denk (22)'yi $n = 2$ ile bölünce ikinci dereceden bir denklem elde ederiz. Bu denklemin çözümü öteki iki kökü verir. Biri eksidir ve bu nedenle hiç bir anlamı yoktur (neden?). Öbürü yaklaşık olarak $n = 0{,}58$'dir. Bu odaklama için gerekli öteki

$$V_1 = 3V_2 \tag{23}$$

gerilim oranını verir.

Elektron demetinin yeğinliği G_1 elektrodundaki delikten çıkan elektron akısına bağlıdır. G_1 kafesi eksüşeği (katodu) öteki üşeklerin gerilimlerin etkisinden hemen hemen tümcek korur. G_1'in gerilimi genellikle K'ya göre eksidir ve oluşan elektronları eksüşeğe doğru geri çevirmeğe çalışır. Bazıları ısıl uyarma ile bu engeli aşacak kadar enerji alır. Ama G_1 daha eksi oldukça G_1'den daha az elektron çıkar. Bildiğinize elektronlu lambalardaki adlandırmaya dayanarak G_1'e genellikle denetim kafesi denir. Elektriksel perdeleme tam etkili olmadığından demeti büsbütün kesmek için gerekli eksi gerilim ve demet şiddeti bir ölçüde hızlandırıcı gerilime bağlıdır.

DENEY

1. ODAKLAMA KOŞULLARI

Deney EA–1'deki ~~çevrimi~~ devre kullanarak odaklama koşulu yoklanabilir (Bak. Şek. 6). Öteki odaklama koşulu ise Şek. 16'da gösterilen çevrim ile deneysel olarak yoklanabilir. İkinci artüşeği C^+-B^+ ortak ucuna ve bu ucun da bir telle toprağa bağlı olmasına dikkat edin. A_2 odaklayıcı artüşeği 180 V'luk bir batarya ile B^+ ucuna ve eksüşek de benzer bir batarya ile C^+ ucuna bağlıdır. İkinci odaklama koşulunu bulun, gerilimleri ölçün ve yukarıki tartışma ile karşılaştırın.

2. DENETİM KAFESİ

G_1 üşeğinin etkisini incelemek için Şek.6'daki çevrime dönelim. Demet tümcek kesilinceye dek G_1 eksi gerilimini artırın ve kesilme için gerekli değerini ölçün.

Bundan sonra hızlandırma ve odaklama gerilimlerini değiştirip deneyi yineleyin. Kesilim gerilimi öteki gerilimlere bağlı mıdır?

UYARI

> G_1 gerilimi sıfır iken lambayı çalıştırmayın. Elektron demeti öylesine yeğin olur ki, perde aşırı dövülme ile fosforışıl özdek kimyaca değişir, etkinliğini yitirir ve elektronların çarptığı bölge "ölü bir nokta"ya çevirinceye dek kızar.

SORULAR

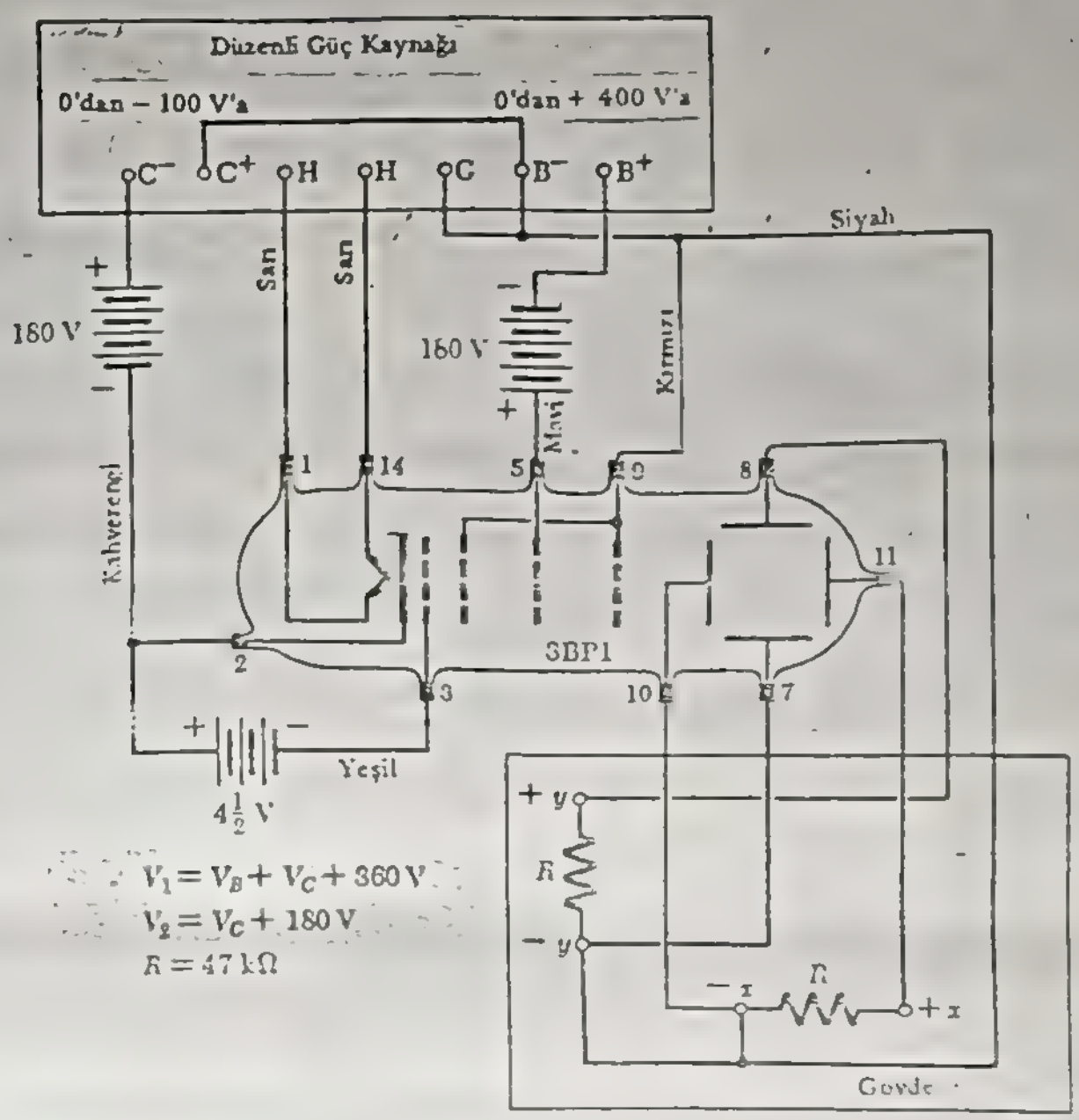
1 Elektron tabancasının elektriksel mercek dizgesi lambanın tabanındaki perdede bir görüntü oluşturur. Bu görüntüyü veren cisim nedir?

2 Denk.(22)'nin kökünün fiziksel bir anlamı neden yoktur?

3 Uygulanan lambanın çalışmasında odaklama için [illegible] erine neden $n = 2$ seçilir?

4 Şek. 14 [illegible] değişen bir durum fiziksel olarak

ŞEKİL 16



$V_1 = V_B + V_C + 360\,V$

$V_2 = V_C + 180\,V$

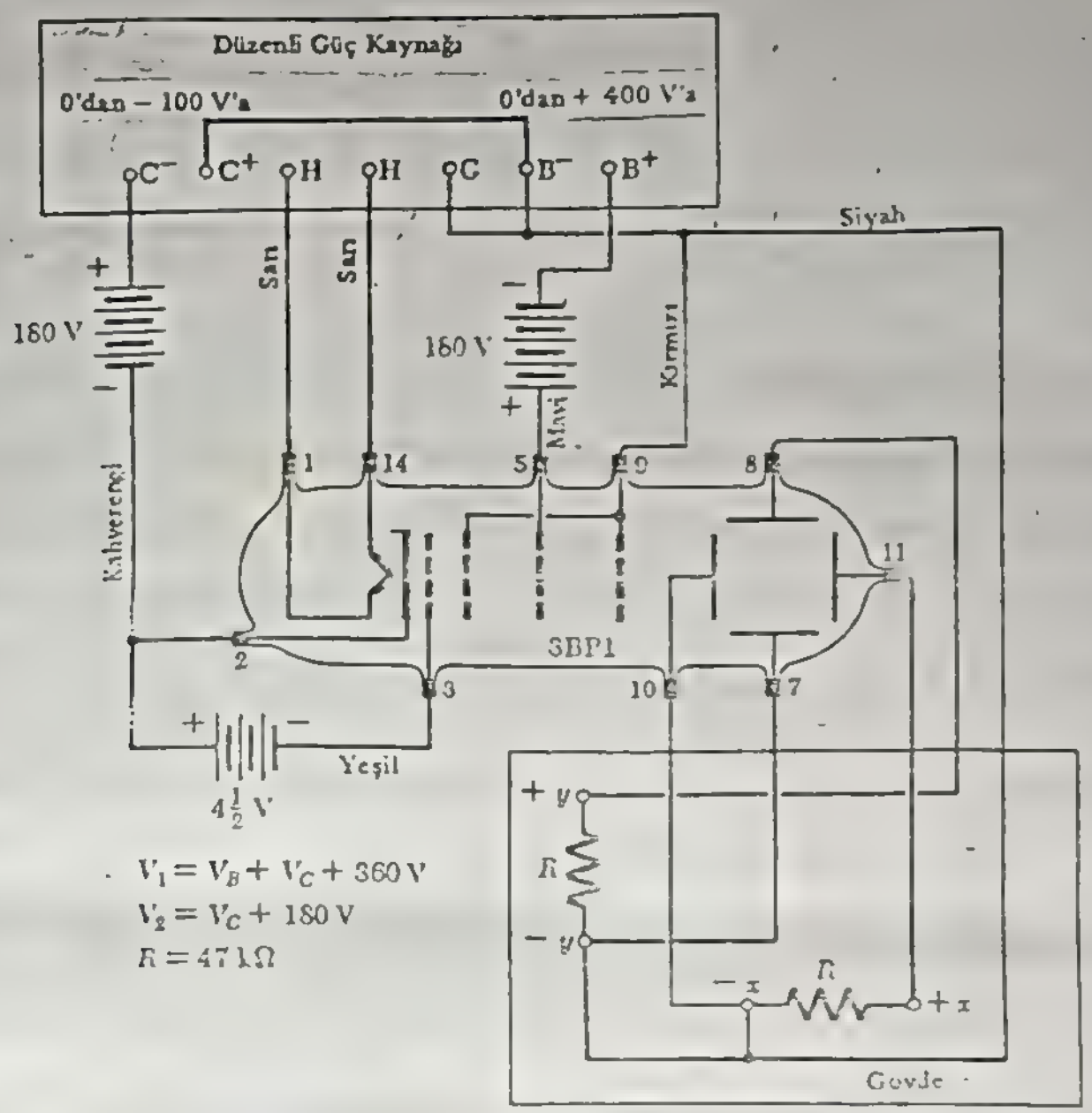
$R = 47\,k\Omega$

nasıl kurulabilir?

5 G_1 'den çıkan bütün elektronların tam aynı hızda olmamaları odaklanmayı nasıl etkiler?

6 Düşey saptırıcı yapraklara sinüsel değişimli bir gerilim uygulansa ve G_1 gerilimine de aynı frekanslı (sıklıkla) daha küçük bir gerilim eklenseydi ne olurdu?

ŞEKİL 16

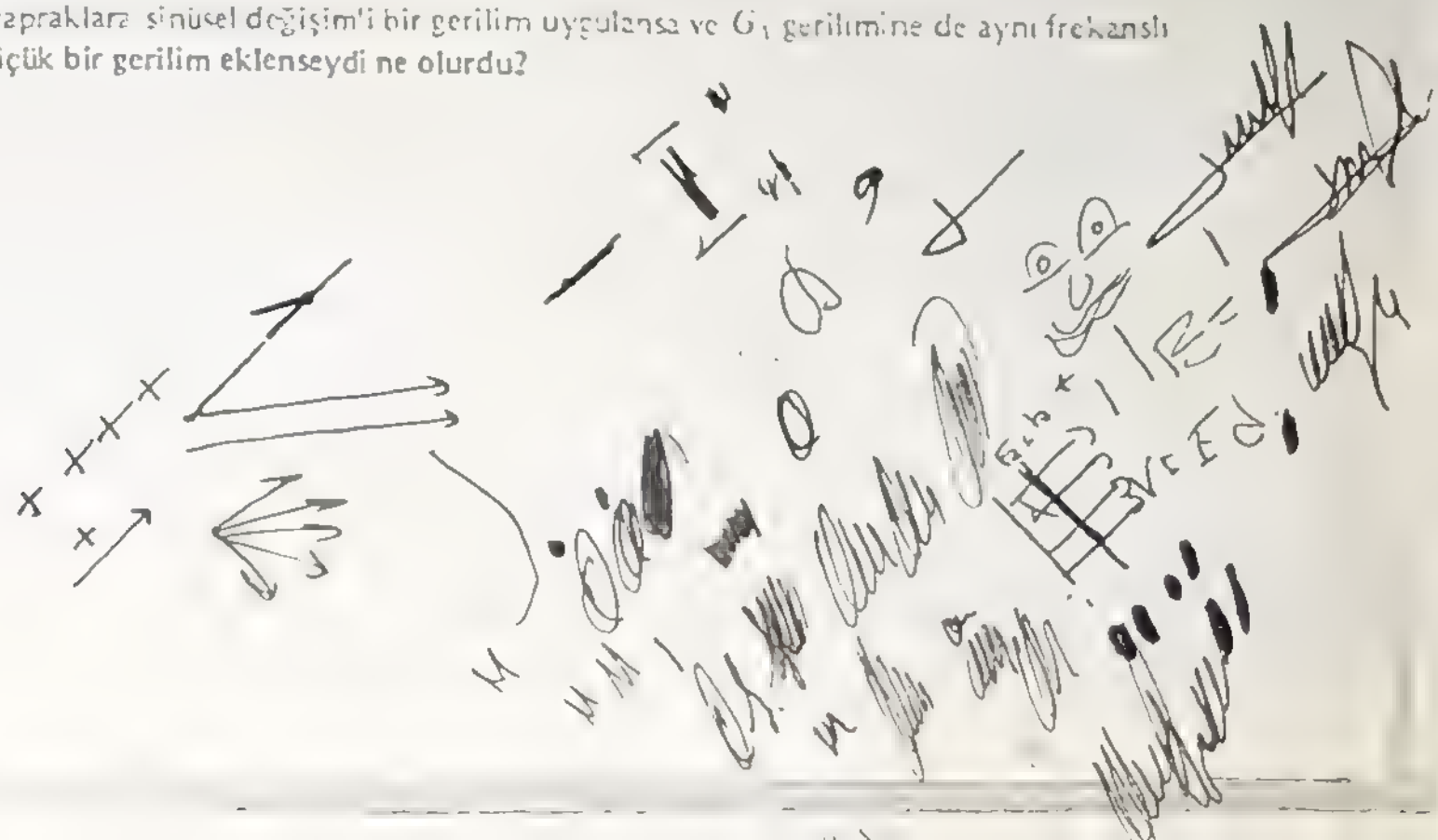


$V_1 = V_B + V_C + 360\ V$
$V_2 = V_C + 180\ V$
$R = 47\ k\Omega$

nasıl kurulabilir?

5 G_1 'den çıkan bütün elektronların tam aynı hızda olmamaları odaklanmayı nasıl etkiler?

6 Düşey saptırıcı yapraklara sinüsel değişim'li bir gerilim uygulansa ve G_1 gerilimine de aynı frekanslı (sıklıkla) daha küçük bir gerilim eklenseydi ne olurdu?



USI

DENEY EA –3

ELEKTRONLARIN MIKNATISAL SAPMASI

GİRİŞ

Bu dizinin ilk iki deneyi elektronların, biriken durgun yüklerin oluşturduğu elektriksel alanlar içindeki ilgili idi. Bu deneyde elektronların alanların etkisini ele alacağız.

Elektrik alanı nasıl durgun yüklü iki parçacığın etkileşimini anlatıyorsa, alan da birbirine göre yüklü parçacıkların etkileşimini anlatır. Elektrik alanı birim yüke etkiyen kuvvet olarak, mıknatısal alan ise birim akım öğesine etkiyen kuvvet olarak tanımlanır. Bu karşılaştırma Şek. 17 de gösterilmiştir.

Bir mıknatısal alan bir iletkenden geçen akımla uyarılabilir. Uzun doğru bir iletkenin çevresindeki alan Şek. 18'de gösterildiği gibi iletkeni saran alan çizgileri ile gösterilir. Şek. 18 aynı zamanda alanın iletkenden r uzaklıktaki değerini verir. Alan içinden geçen yüklü bir parçacık Lorentz kuvvet yasası uyarınca

$$F = qvB \sin\theta \tag{24}$$

kuvveti etkisinde kalır; bunun doğrultusu Şek. 19 da gösterildiği gibi B ve v'ye diktir. Kuvvet yöngül (vektörel) çarpım biçiminde de gösterilebilir:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \tag{25}$$

Anımsayacağınız gibi A ve B yöngülerinin * çarpımı, büyüklüğü $|A| \cdot |B| \cdot \sin\theta$ olan, doğrultusu A ile B 'nin kurduğu düzleme dik ve yönü A 'dan B 'ye döndürülen bir sağ vidanın ilerleme yönü olan bir üçüncü yöngü olarak tanımlanır.

Öyle ise mıknatısal alandan geçen bir elektron, B mıknatısal alanına ve o andaki v hızına dik doğrultuda, büyüklüğü hızın alana dik bileşeni ile oranlı olan bir F kuvveti ile oranlı bir ivme kazanır. F ve v nin doğrultuları arasındaki bu eşitliğin önemli bir sonucu, yüklü parçacık, etkisinde kaldığı mıknatısal kuvvete dik doğrultuda devindiği için, bu kuvvetin hiç bir iş yapmadığıdır. Bu nedenle mıknatısal alan içinde devinen parçacığın devimsel enerjisi, dolayısı ile hızı sabit kalmaktadır. Ama hızın *doğrultusu* hiç kuşkusuz değişebilir. Bu deneyde bir elektron demetinin, bu demete dik doğrultuda yönelmiş bir mıknatısal alan içindeki *bükülüşünü* gözleyeceksiniz.

Şek. 20'deki durumu göz önüne alalım. Tıpkı Deney EA–1'deki gibi elektronlar, elektron tabancasından

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = eV_2 = e(V_B + V_C) \tag{26}$$

enerji eşitliğinden hesaplanabilecek bir v hızı ile çıkar. Bundan sonra elektron demeti, şekil düzlemine dik bize doğru yönelmiş düzgün bir B mıknatısal alanın bulunduğu l uzunluğunda bir bölgeye girer. (Mıknatısal alanın kaynağı üzerinde ileride durulacaktır.) Oluşan mıknatısal alan kuvvetinin büyüklüğü $F = evB$ 'dir,

---

*Üşek : Elektrod Eksüşek ya da Eksuç : Katot; Artışek ya da artuç : Anot.

**Yöngü : Vektor

ŞEKİL 17

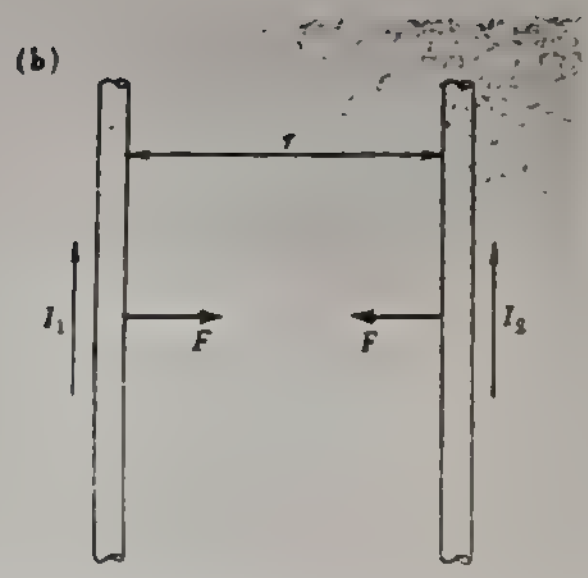
(a)

Benzer yükler

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$$

kuvveti ile itişirler.

(b)

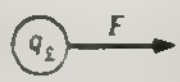


Benzer akımlar birim uzunluk başına

$$F = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1 I_2}{r}$$

kuvveti ile çekişirler.

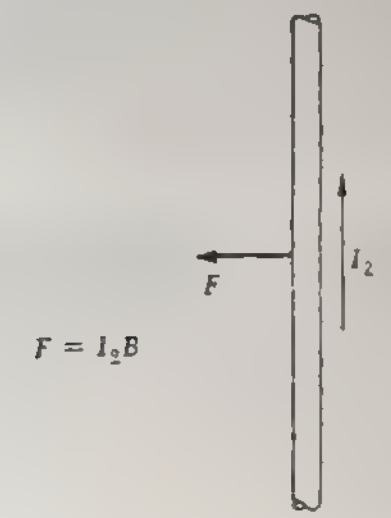
(c)



$$F = q_2 E$$

Elektriksel alan birim yük başına düşen kuvvettir.

(d)



$$F = I_2 B$$

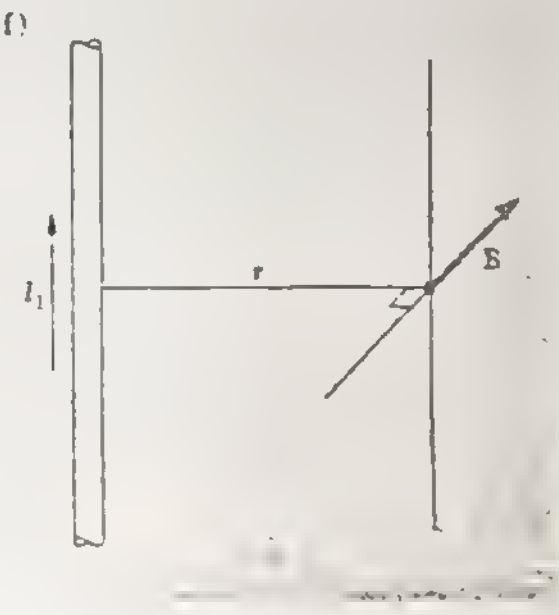
Mıknatısal alan birim uzunluk ve birim akım başına d şen kuvvettir.

(e)

Öyle ise q_1 'e yakın bölgedeki elektrik alanı

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r^2},$$

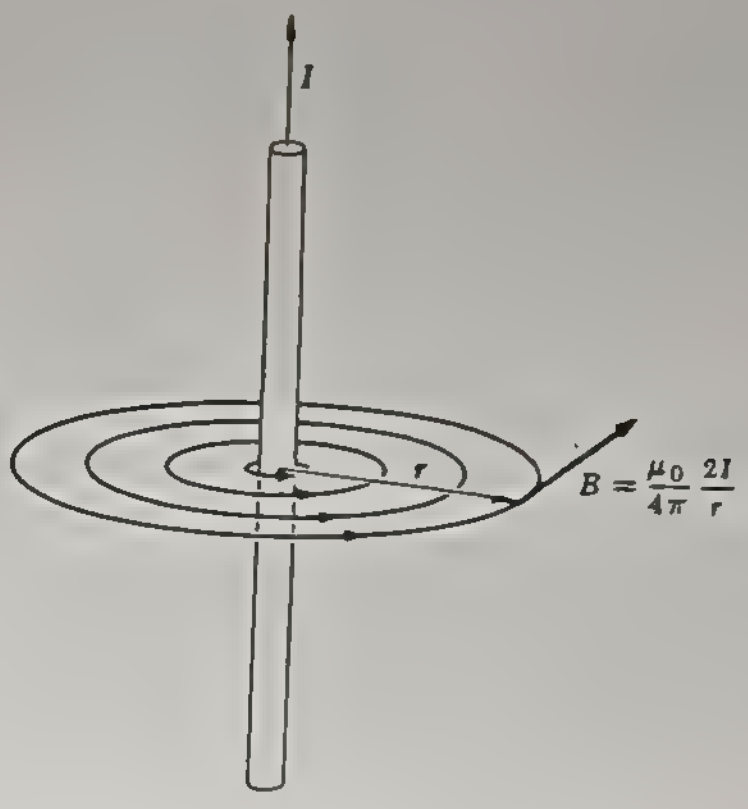
(f)



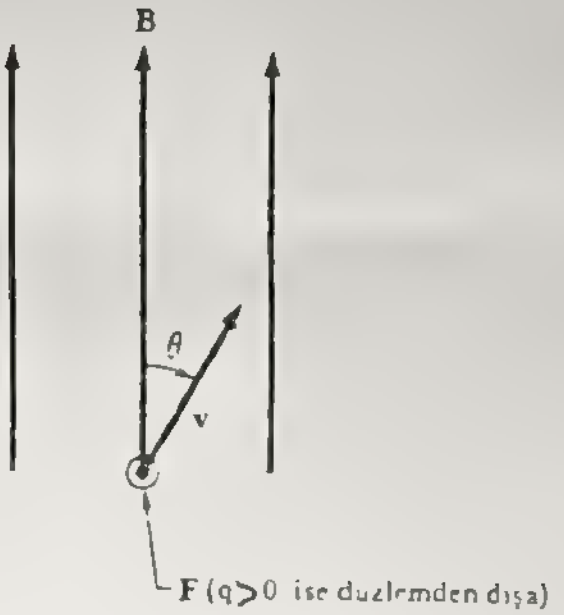
I_1 'e yakın bölgedeki mıknatısal alan

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1}{r}.$$

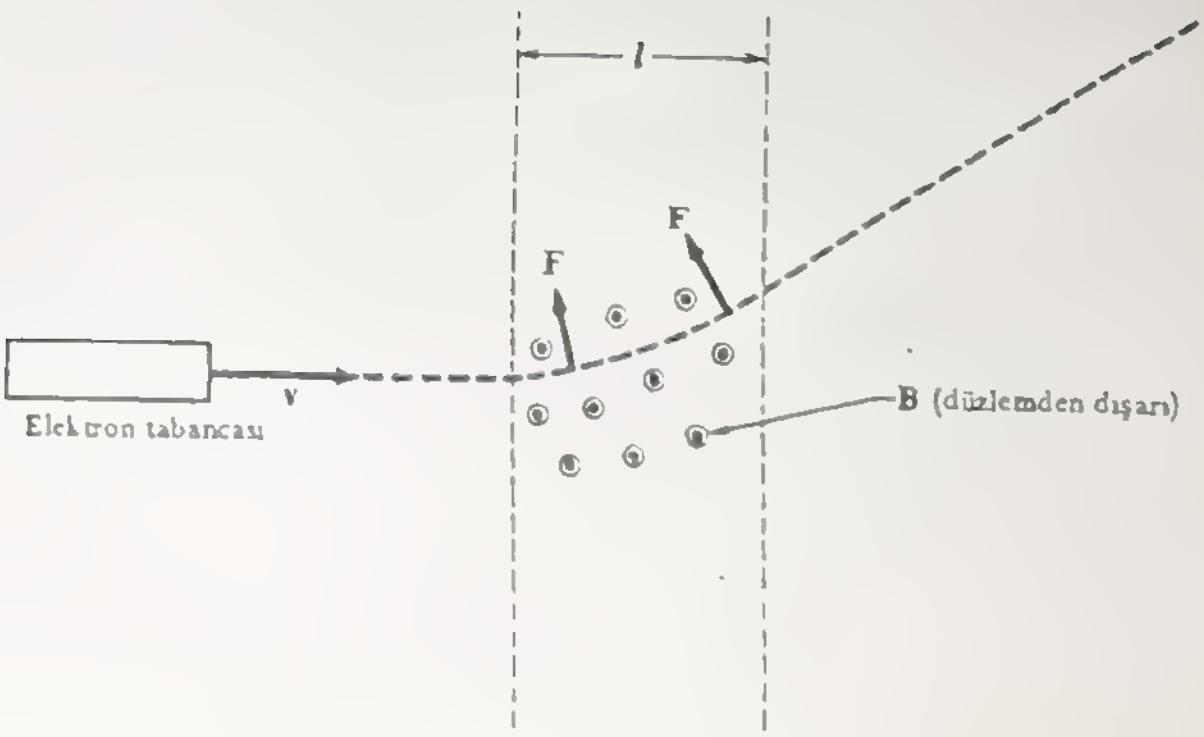
ŞEKİL 18



ŞEKİL 19

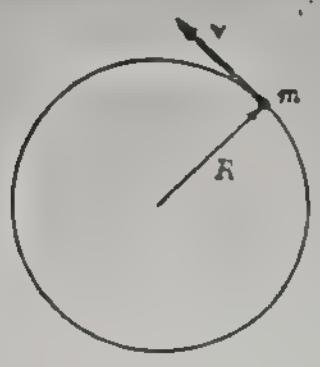


ŞEKİL 20



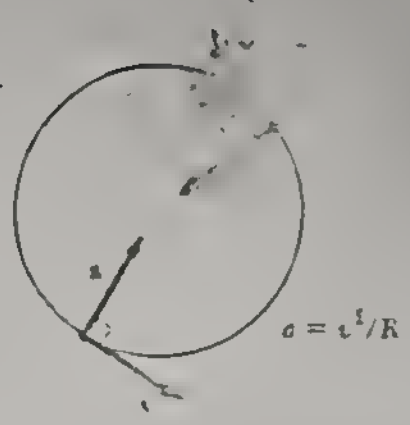
ŞEKİL 21

(a)



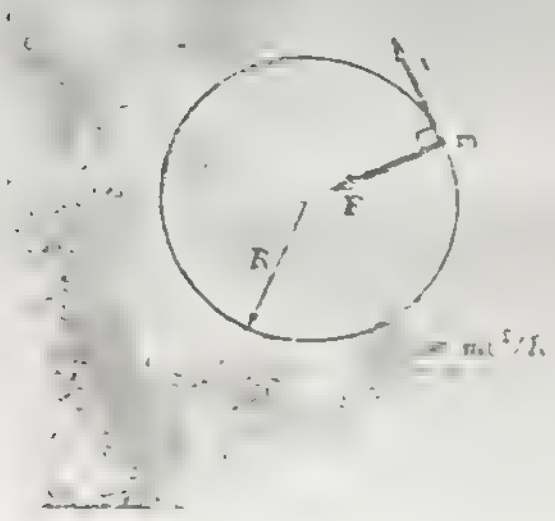
R yarıçaplı bir çember üzerinde v sabit hızı ile devinen bir parçacık

(b)



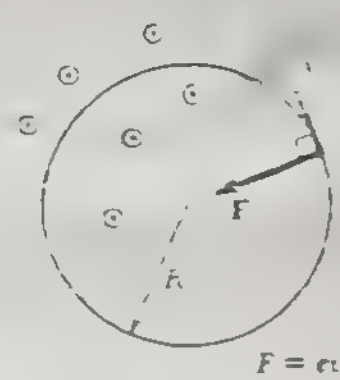
v^2/R büyüklüğünde v hızına dik, çember özeğine yönelik bir a ivmesi edinir.

(c)



Bu devinim için v hızına dik $\frac{mv^2}{R}$ büyüklüğünde bir kuvvet gerekir.

(d)



$F = evB$
B düzlemden dışarı

Düzgün bir mıknatısal alanda bir elektrona etkiyen kuvvet bu özelliktedir ve büyüklüğü evB'dir.

$\frac{1}{2}mv^2 = eV_a$ $\quad F = evB$

görülduğu gibi doğrultusu hıza sürgit dik kalır. Üstelik bu kuvvetin oluşturduğu ivme v'ye sürgit dik olduğundan, yukarıda tartışıldığı gibi, hızın büyüklüğünü değiştirmeden yalnız doğrultusunu değiştirecektir, böylece parçacık devinimini değeri değişmeyen hızla sürdürecektir.

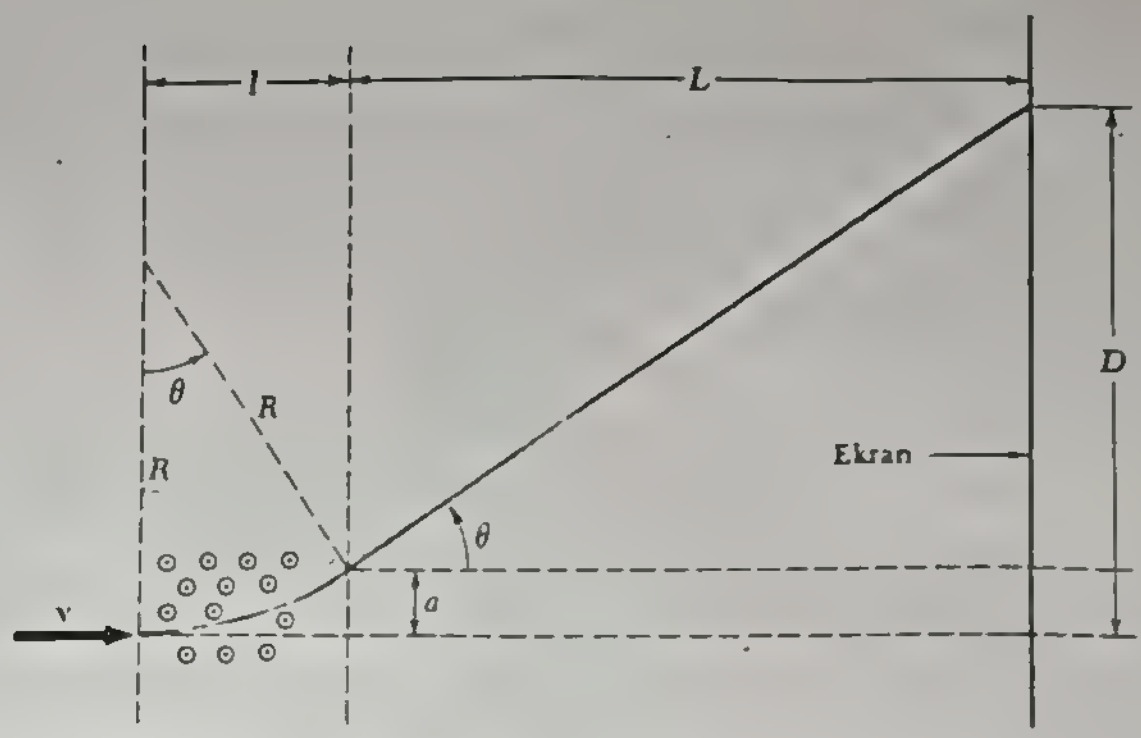
Yukarıda belirtilen koşullar bir parçacığın değişmeyen bir hızla bir çember üzerinde devinimi için gerekli koşullara özdeşdir. Düzgün çembersel devinimde büyüklüğü değişmeyen ivme hıza her zaman dik kalır ve bu ivme Şek. 21 de gösterildiği gibi dairenin merkezine dönüktür. Şu halde elektron mıknatısal alan kuvvetinin etkisi altında dairesel bir yay üzerinde devinir. Özeksel ivmenin v^2/R ve bunu oluşturan kuvvetin (ya da özeksel kuvvetin) mv^2/R olduğu göz önünde tutulursa yayın R *yarıçapının* kolayca bulunabileceği anlaşılmış olur.

Ama yukarıda belirtildiği gibi kuvvet, bir yandan da evB 'ye eşittir. Öyle ise,

$$\frac{mv^2}{R} = evB \qquad \text{ve} \qquad R = \frac{mv}{eB} \tag{27}$$

olur. Şekilden görüldüğü gibi elektronlar mıknatısal alandan çıktıktan sonra ilk geldiği eksen doğrultusu ile

ŞEKİL 22



θ açısı yapan bir doğru boyunca devinir giderler. Şek. 22 ye bakınca bu açının

$$\sin\theta = \frac{l}{R} = \frac{leB}{mv} \qquad (28)$$

ile verildiğini ve alandan çıktığı noktada, yanlamasına a kaymasının

$$a = R - R\cos\theta = \frac{mv}{eB}(1 - \cos\theta) \qquad (29)$$

olduğunu görürüz.

Sonunda demet, perde üzerindeki sapmamış demet konumundan D uzaklığında bir noktaya vurur. Şekilden görüldüğü gibi demetin perde üzerinde vurduğu nokta toplam

$$D = L \cdot \mathrm{tg}\ \theta + a \qquad (30)$$

uzunluğunda yerdeğiştirmiş olur, θ ve a için yukarıda belirtilen eşitlikleri bu denklemde yerlerine koyduğumuzda biraz daha karışık bir sonuç buluruz. Bu deneyde açısal sapmalar küçük olduğundan $\sin\theta = \mathrm{tg}\ \theta = \theta$, $\cos\theta = 1 - \theta^2/2$ yaklaşıklıklarını alabiliriz. Böylece elde ettiğimiz sonuç oldukça yalınlaşır. Bu durumda toplam D kaymasını

$$D = L\theta + R(\tfrac{1}{2}\theta^2) = \frac{leB}{mv}\ (L + \tfrac{1}{2}l) \qquad (31)$$

buluruz. Enerji eşitliği olan Denk. (26) 'yı kullanarak da

$$D = \frac{leB}{(2meV_2)^{1/2}}\ (L + \tfrac{1}{2}l) \qquad (32)$$

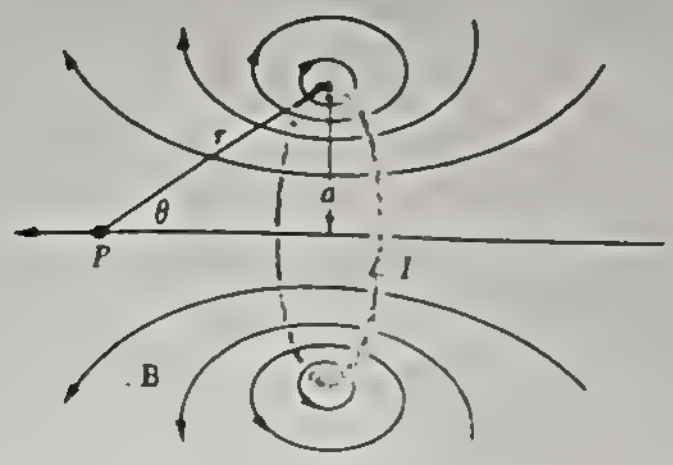
buluruz. Beklediğimiz gibi bu eşitlik, demetin bükülmesini B mıknatısal alanı ile oranlı olduğunu gösterir. Beklenebileceği gibi bu nicelik ivdirici gerilimin kare kökü ile ters oranlıdır. Bu sonuç, Deney EA–1'deki elektriksel sapı ile ters düşer. Orada sapı V2 'nin kare koku ile değil kendisi ile ters oranlı idi. Bu ayrım mıknatısal alan kuvvetinin yapısından ileri gelen başka bir hız bağımlılığını deyimler.

Şimdi, yukarıda tanımladığımız ayırıcı özellikleri olan yani belli bir bölge içinde düzgün, dışında sıfır olan bir mıknatısal alanı nasıl oluşturabiliriz? Açıkça görüldüğü gibi, uzun doğru bir akımın alanının bu özelliği yoktur, alan bir noktadan ötekine yavaş bir değişim gösterir. Bununla birlikte, eğer bu tel halka biçiminde bükülürse, akı çizgileri Şek. 23'de gösterildiği gibi, bu halkanın içinde yoğunlaşır ve böylece

-alan, çemberin özeğinde dışdakinden daha yeğin olur. Halka ekseni üzerinde bir noktadaki alan

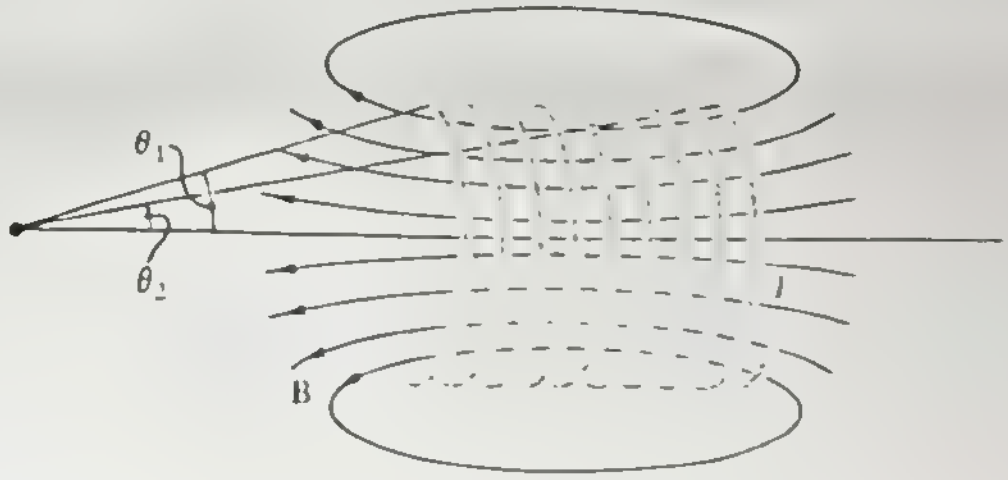
$$B = \frac{\mu_0 I}{2a} \sin^3 \theta$$

ŞEKİL 23



dır. Bu etki Şek. 24'deki gibi bir akım *sarmalı* kullanmakla artırılabilir. Böyle bir iletken sarmal, uzun *akım makarası*, yassı ise *akım kangalı* adını alır.

ŞEKİL 24



Açıkça görülduğu gibi makaranın ekseni üzerindeki alanı bunu bir halkalar dizisi olarak düşünüp her halkanın katkısını ekleyerek hesaplayabiliriz. Bu hesaplamaya gore boyu çapından uzun olan bir makara içinde alan eksen boyunca ve silindir kesiti üzerinde aşağı yukarı düzgündür ve

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \qquad (34$$

ile verilir. Burada N toplam sarım sayısı, L 'de tüm uzunluktur. 1 A-sarım/cm'lik uzun bir makaranın yaklaşık olarak 10^{-4} T(Wb/m^2) ya da 1G [daha kesin olarak 1,26 × 10^{-4}T(Wb/m^2)ya da 1,26 G) 'lik bir alan oluşturduğunu anımsamakta yarar vardır.

Akım kangalı, boyu çember çapına bakınca küçük olan yassı bir makaradır. Bu, N sarımdan oluşmuş ise halka ekseni üzerindeki mıknatıslık alanı Denk.(33) ile bulunana eşit olur.

Eksoşek-işınımlamb asi içine bir akım sarmalı yerleştirilebilir, ama Şek. 25 de gösterildiği gibi iki sarmal yerleştirmek etkilidir ve daha kolaydır. Görüldüğü gibi bu düzenlemede alan çizgileri biraz açılır ve

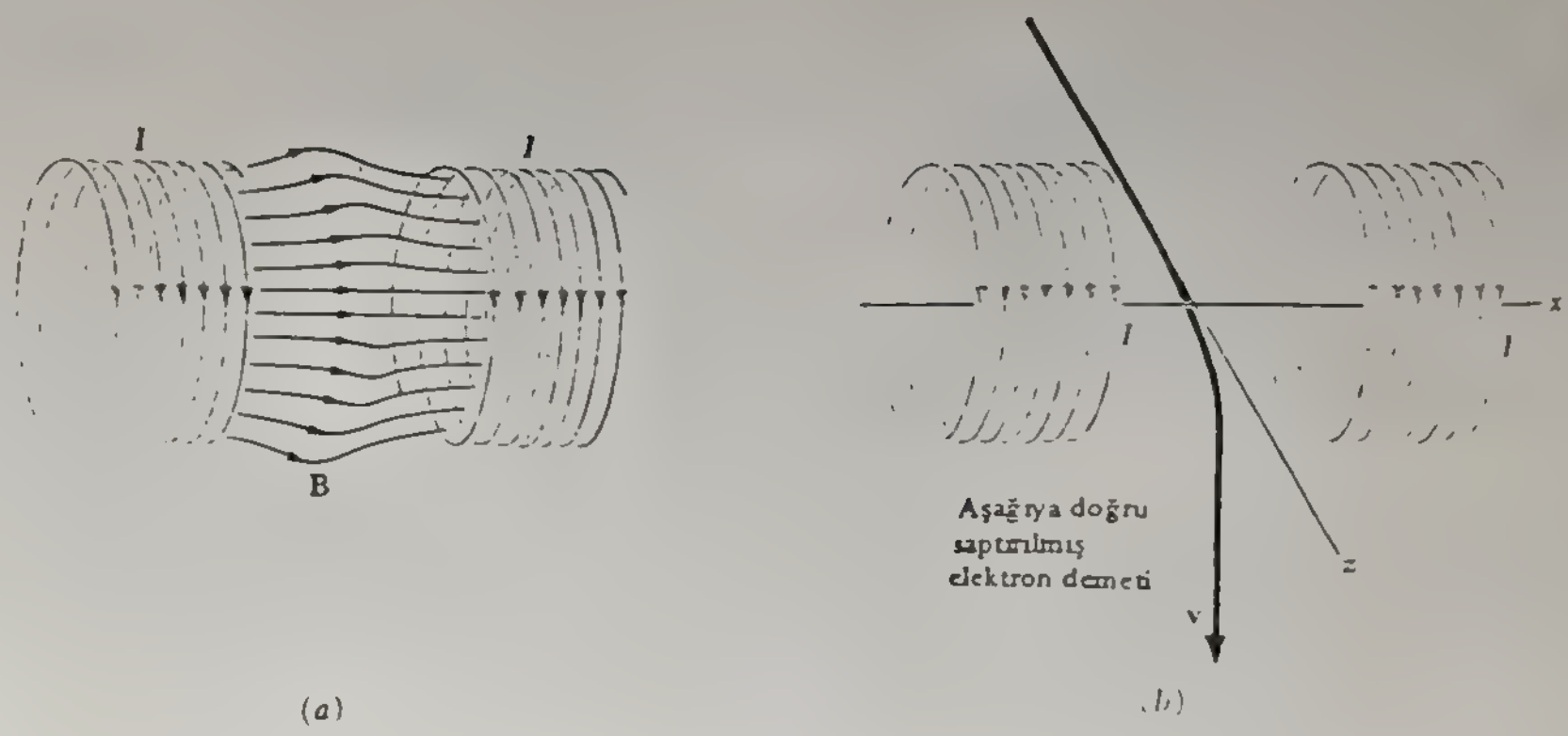
7 4

61 150 D = 5,5

78 200 D = 4,5

95 250 → ≥ 5

ŞEKİL 25



(a) (b)

böylece Denk. (34) ile öngörülenden daha zayıf bir alan uyarılır. Ama bu alan bir tek sarmalınkinden biraz daha geniş olan bir bölgede oluşur. Bu nedenle kuramsalkestirilerimizle çok incelikli bir nicel uyuşma beklememeliyiz. Bununla birlikte demet sapmasının makara akımına ve hızlandırıcı (ivdirici) gerilime bağlılığı bu farklar yüzünden değişmemelidir.

DENEY

1. MIKNATISAL SAPIM

Elektron tabancasının üşekleri Deney EA–1 (Bak Şek.6) deki gibi bağlanmıştır. Bu deneyde saptırıcı metal yapraklar kullanılmayıp gösterildiği gibi $B+$ ya bağlanmalıdır. Böylece, yapraklarda durgun yük birikimi dolayısıyle gereksiz sapıları önlenir.

Her sarmalın direnci yaklaşıkça 50 Ω ile 100 Ω arasındadır, bu yüzden sarmalların beslenimi transistörlu alçak-gerilim duzeltik güç kaynağı ile uygun biçimde sağlanır. Şek. 26 da gösterildiği gibi iki sarmal alanları eklenebilecek biçimde sıralı bağlanmalıdır. Sarmal akımını ölçmek yerine, gösterildiği gibi V_s gerilimini ölçmek daha kolay olur. Kangalların Ohm yasasına uyduğu varsayılırsa V_s, sarmal akımı ile ve dolayısıyla mıknatısal alanla oranlı olur.

Demet sapımını, V_2 hızlandırıcı geriliminin çeşitli değerleri için, makara gerilimine bağlı olarak ölçün ve çizitleyin. Çizitlerin genel görünümünün ne olacağını önceden kestirebilir misiniz? Daha sonra $I_s (I_2)^{1/2}$ niceliğini bağımsız değişken alarak sapımları yeniden çizitleyin. Sonuç ne olmalıdır ve bu neyi belirtir?

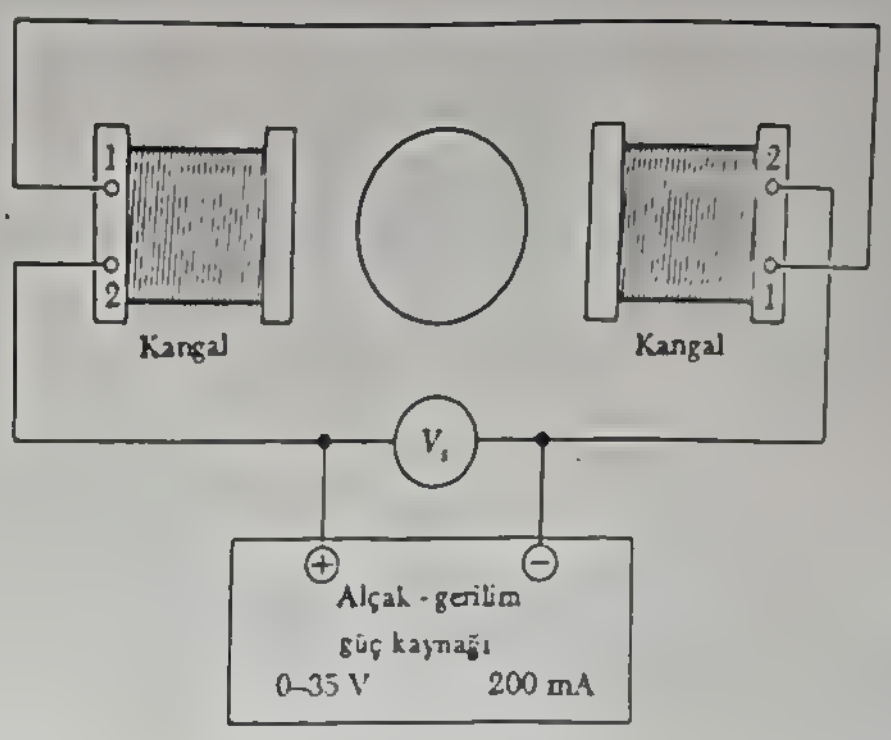
$\frac{V_a}{61}$ $\frac{U_B}{150}$

2D = 7mm

$\frac{\text{net}}{41}$ $\frac{\text{Use}}{77}$

5,5

ŞEKİL 26



2. YERİN MIKNATISAL ALANI

Bu deneyde ve Deney EA–1'de saptırıcı alanlar olmayınca perdedeki ışıklı beneğin yerinin hızlandırıcı (ivdirici) gerilimin değişimi ile değişeceğini görmüş oldunuz. Bu olayın bir nedeni yerin mıknatısal alanıdır. Lamba yüzünü bir yağlı kalemle imleyerek tüm borunun hiç bir kayma olmayan yönelişini bulabilir misiniz? Bu yönelimde lamba borusu ekseni ile yerin mıknatısal alanı doğrultusu arasındaki bağıntı nedir?

Şimdi ışıklı beneğin kaymasının en çok olduğu bir yönelim bulmağa çalışın. Denk.(32)'yi kullanarak B'nin değerini hesaplayın. Bu durumda l 'nin A_2 'den perdeye olan toplam uzaklığı gösterdiğini ve $L - 0$ olduğunu göz önünde tutun. Üşekler demirmıknatıslığı olan ve dolayısı ile mıknatısal bir engel olarak davranan nikelden yapılmıştır. Bu yüzden A_2 'den ayrılıncaya dek demet önemli ölçüde sapmaz.

Yer alanının doğrultusu ve büyüklüğü için bulduğunuz değerleri kitaplarda verilenlerle karşılaştırın.

SORULAR

1 Elektron yükü eksi yerine artı olsaydı eksüşek lambasında ne gibi değişiklikler gerekirdi ve demetin bir mıknatısal alandaki bükülmesi nasıl değişirdi?

2 Işıklı beneğin sapım verileri çiziti için $V_s/(V_2)^{1/2}$ gibi özel bir oran neden öneriliyor?

3 Sapım açısı küçük olmak üzere demet bükülmesinin, mıknatısal alan biteviye olmasa da sarmal akımı ile oranlı olduğunu gösterin.

4 Yerin mıknatısal alanı için bulduğunuz sonuçlar el kitabındaki değerlerle uyuşuyor mu?

5 Mıknatısal alan eksüşek lambasının eksenine koşut gelecek biçimde düzenlense idi deney ne sonuç verirdi? Bu deneyde kullanılan aygıtla bu yapılabilir mi?

6 Mıknatısal alana ek olarak saptırıcı yaprakların bir çiftine bir gerilim uygulanırsa iki sapım birbirini götürebilir. Bin yaprak çifti için net sapım sağlanır ve ondan sonra hızlandırıcı (ivdirici) gerilim artırılırsa ne olur?

7 Bir mıknatısal alan elektron demetinin *odaklanmasında* kullanılabilir mi? Deney EA–2'de tartışılan elektriksel odaklamadaki gibi çalışabilecek bir mıknatısal alan düzeneği düşünebilir misiniz?

D	V₃ (W)	V_B	V_C
4 mm	0,2	150	61
8 mm	0,4		
12	0,7		
16	0,9		
20	1,1		
24	1,4		
28	1,7		
32	2,0		

D	V_3	V_B	V_C
4	0,2	200	78 V.
8	0,5		
12	0,8		
16	1,0		
20	1,3		
24	1,7		
[illegible]	2,0		
[illegible]	[illegible]		

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	35
[illegible]	[illegible]		

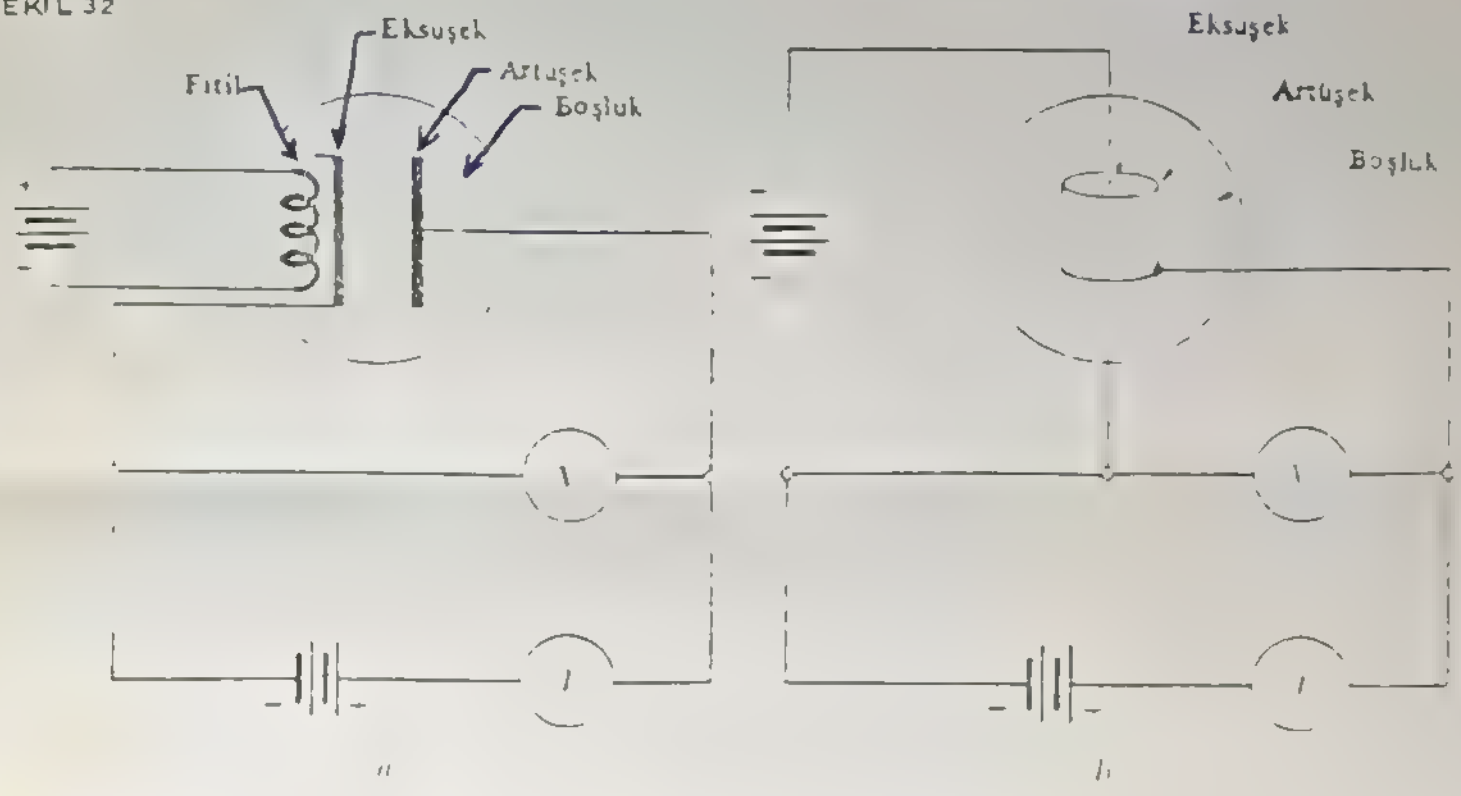
DENEY ŁA – 5

DİYOD LAMBALARI VE MAGNETRON KOŞULU

GİRİŞ

Bu deneyde elektronların bir [redacted] (diyod)-lamba içindeki devinimi ele alacağız. Bu çeşit bir [redacted] temel ilkesi Şek. 32'de gösterilmiştir. Genellikle [redacted] (katod) ve [redacted] (anod) denilen iki üşek (elektrot), havası alınmış bir lamba ya da cam boru içine yerleştirilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi eksüşek ya doğrudan akım geçirilerek ya da ayrı bir fitil ile dolaylı olarak 2500°K basamağında yuksek bir

ŞEKİL 32



sıcaklığa dek ısıtılır. Isıtılan eksuşek *ısıl yukarısal salımlama* denilen olayla elektron püskürür. Metal yüzeyinden kurtulmaları için elektronlar, bir [redacted] (potansiyel) enerji engelini aşmak zorundadırlar; bunun için gerekli enerji bazı elektronlara ısıl uyarım ile verilir. Eksüşek ne denli ısınırsa birim zamanda püskürülen elektron sayısı onca artar. Bu olay, su moleküllerinin buhar oluşturmak üzere sıvı yüzeyinden ayrılmalarına benzer. Sıcaklık ne denli yüksek ise su onca çabuk buharlaşır.

Elektronlar eksüşekten bir kez kurtulunca tübün içindeki boşlukta özgürce devinirler. Şekil 32 de gösterildiği gibi eksüşek ile artuşek arasına bir gerilim uygulanırsa bu iki uç arasında uyarılan elektrik alanı elektronları artıya doğru sürükler. Elektronlar dış çevrimden dolanarak eksüşeğe dönerler. Boylece doğan akım ölçülebilir ve akımın olayın iki değişkenine bağlılığı incelenebilir.

*Çiftuşek : Diyod, Artuşek ya da Artuç : Anod, Eksuşek ya da Eksuç : Katod

Akım koşullara bağlı olarak ayrı iki olaydan biri ya da öteki ile denetlenir. [illegible] ile [illegible] arasındaki gerilim oldukça küçükse, çıkan elektronlar artıya ulaşamaz eksüşek çevresinde *uzay yükü* denilen bir birikinti oluştururlar. Eksüşeğe yakın bölgedeki bu eksi yükle değişen elektrik alanı çıkan elektronları eksüşeğe geriye çevirmeğe çalışır. Gerilim yükselince uzay yükünün kıyısındaki elektronlar artıca doğru daha hızla devinirler, böylece uzay yükü azalır ve akım artan gerilimle artar. Bu durumda akımın uzay yükü ile sınırlanmış olduğunu söyleyebiliriz. Gördüğümüz yalın düzlemsel geometri yani artı ve eksiuşekler [illegible] yüzeyler olduğu için, I akımının, V gerilimine üç bölü iki üsle oranlı olduğu gösterilebilir. Yani,

[illegible]

$$I = (\text{sabit})\, V^{3/2} \qquad (50)$$

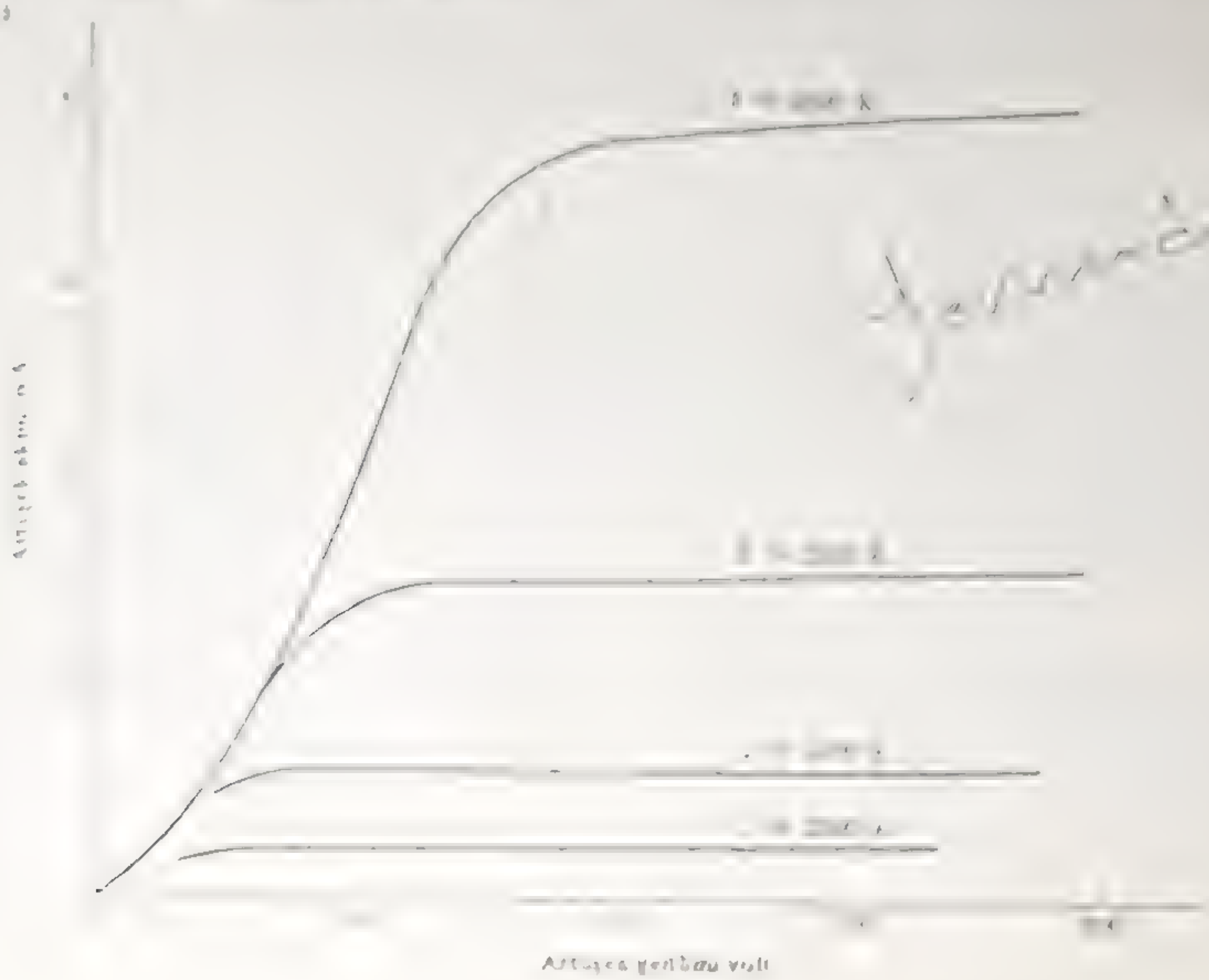
Bu [illegible] Langmuir [illegible] yasası ya da "üç yarım üs" yasası denir.

[illegible] bir elektron eksüşeğe geri dön[illegible] yayınlanım bolluğuna bağlı olur. Bu noktaya erişildik[illegible] en büyük yayınlanım bolluğu [illegible] Şekil 33 de gösterilmiştir. Burada [illegible] I nın her değeri ile, yeterince küçük V için, I 'nın *uzay yükü ile sınırlı* olduğunu ama daha büyük V'ler için yayınlanım ile sınırlı olduğunu gör[illegible] yüksek V değerlerinde olur. En büyük akım (yayınlanım ile sınırlı olan) Richardson-Dushman denklemi ile verilir.

$$I = AT^2 e^{-\phi/kT} \qquad (31)$$

Burada A bir sabit, T sıcaklık, ϕ madenin *iş işlevi sabiti* (bir elektronun yüzeyden kurtulması için gerekli enerji) ve k *Boltzmann* sabitidir. kT niceliği ısıl kaynaşımla ilgili ortalama enerjiyi belirler, böylece akımın ϕ/kT oranına bağlı olması akla yatkındır.

Şekil 33



Diyod

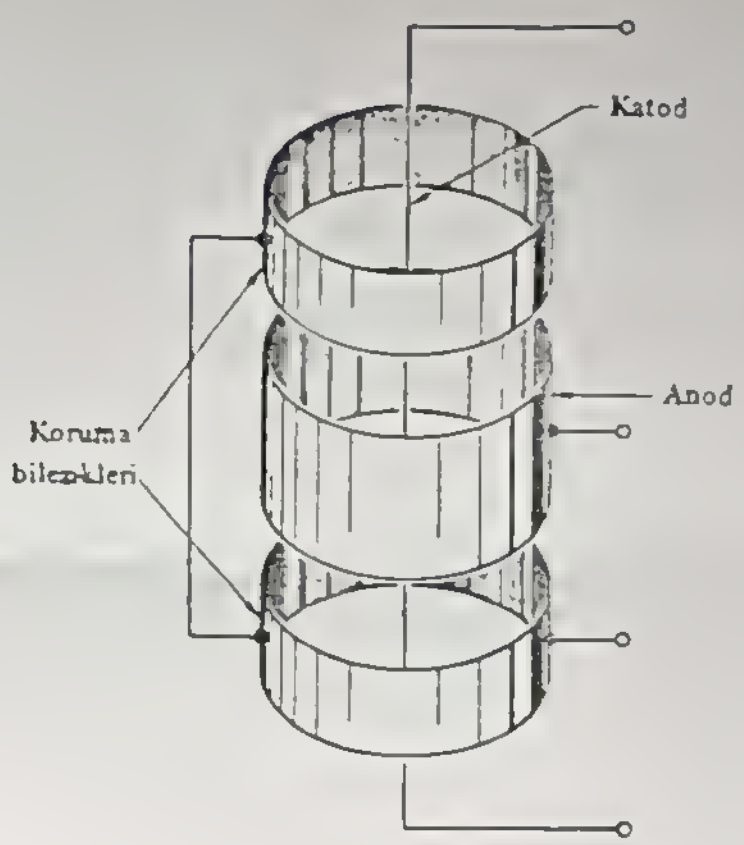
[redacted] lambanın uygulamadaki yerlerinden biri *doğrultucu* olarak kullanımıdır elektron akısı eksiuçtan artıya doğrudur, zıt yönde olamaz. Bunların özel bir uygulama yeri magnetron lambalarıdır ve bunlar yüksek frekans [redacted] (osilatör) olarak kullanılır. Magnetronun işleyişi bazı yönleri ile burada incelenecektir.

diyodun

Katod

Bu deneyde kullanılan Ferranti GRD 7 [redacted] geometrisi Şek. 34'de gösterilmiştir. [redacted] doğrudan geçirdiği akımla ısıtılan 0,125 mm çapında tungsten bir teldir, [redacted] d=0,65 cm iç çaplı eksenı eksüşekle çakışık bir yuvaktır. Uçlardaki iki silindire *koruma bilezikleri* denir, bunlar ortadaki parça ile aynı gerilimde tutulurlar, ama ona elektrikçe bağlı değillerdir. Bunların işlevi ortadaki parçanın uçlarına yakın bölgede alan 'kaçaklarını'' olabildiğince azaltmak ve böylece ortadaki parçanın içindeki alanı sonsuz uzunlukta bir silindir ile telin oluşturduğu dizgenin alanı ile hemen hemen özdeşlemektir.

ŞEKİL 34



Şimdi, artıuç ile eksiuç arasındaki V gerilimi ile oluşan çapsal elektrik alanına ek olarak yuvak ekseni boyunca biteviye bir B mıknatısal alanı uyguladığımızı düşünelim. Artık elektron devinimi daha karışık duruma girer, ama incelenmesi çok daha ilginçtir. Elektronlar eksiuçtan çıkıp artıya doğru [redacted]e (hızlanmaya) başladıklarında $F = -ev \times B$ mıknatısal alan kuvvetinin etkisi altında kalırlar. Bu mıknatısal kuvvetin etkisi Şek. 35 de gösterilmiştir, açıkca görüldüğü gibi bu etki elektron yörüngesini eğriltir. B alanı büyüdukçe kuvvet oranlı olarak büyür ve elektron yörüngesi daha keskince bükülür. Sonunda B 'nin belirgin bir değerinde elektron yörungesi artıuca ulaşmadan geriye eksüşeğe doğru bükülür. Bu duruma erişildiğinde [redacted] akımı birden düşer.

Gerilim artırıldıkça B 'nin kesilim değerinde bir değişim bekleriz, ama bunun hangi yönde olduğu açık değildir. Artan V, elektronları artıuca doğru sürükleyen elektriksel kuvveti artırır, ama aynı zamanda onların hızlarını da artırdığından mıknatısal kaynaklı olan yani onları geriye eksiuca doğru çevirmeğe çalışan kuvvet de büyür. Bununla birlikte elektrik alanı V ile doğru oranlı olarak arttığı halde, elektron hızları, $\frac{1}{2}mv^2$ devinsel enerjisi V ile oranlı olduğundan, yalnızca $V^{1/2}$ ile oranlı olarak artar. Bunun için V artırılınca kesilim için daha büyük bir B değeri bekleriz. Daha ayrıntılı bir inceleme bu anlayışı destekler.

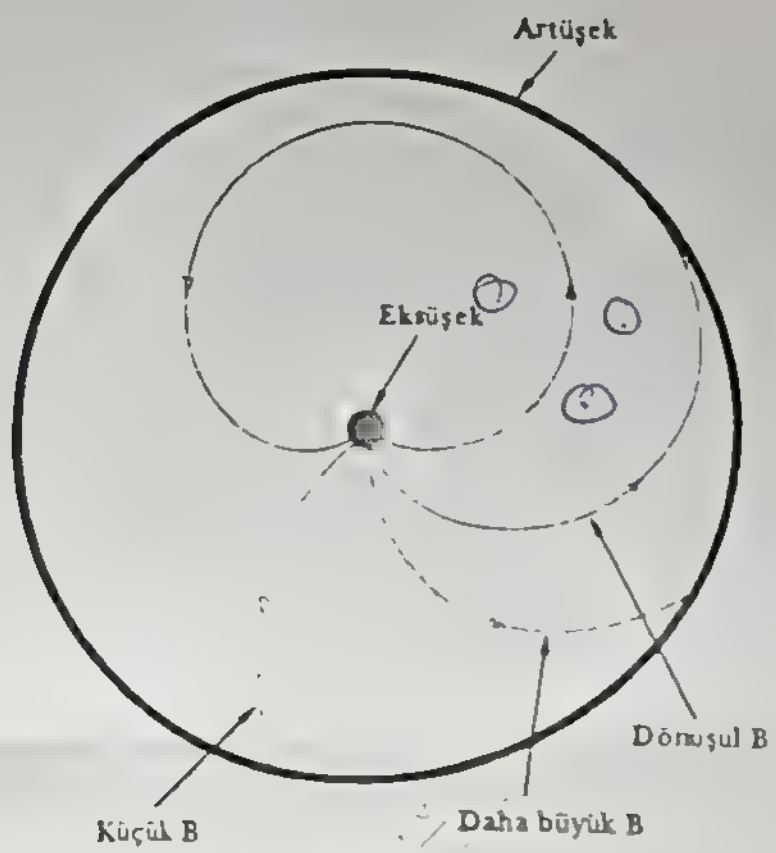
Hesaplar B 'nin kesilim değerinin V 'ye

$$B = \left(\frac{8mV}{eb^2}\right)^{1/2} \tag{52}$$

denklemi ile bağlı olduğunu ortaya çıkarır. Burada b eksiucun yarıçapıdır.

Ne yazık ki bu denklemi türetmeye elverişli yalın bir yol yok. Aşağıda bir türetim verilmiştir, ama bunu izleyemeyecek öğrenciler Denk.(52)'nin doğruluğuna inanıp onu deneysel gözlemlerini açıklamakta kullanabilirler.

ŞEKİL 35



B düzlemden dışarı

Denk. (52)'nin türetimi, aslında bir yerleşik mekanik problemidir. Elektronların ~~elektrikle~~ yeniden dönmeden ulaşabildikleri en büyük($r = a$)uzaklığını bulmalıyız. Bu noktada r 'nin artışı durur ve dolayısıyla $\dot{r}$, o anda sıfır olur. Özellikle, r 'nin tam artüşek yüzeyinde($r = b$) sıfır olduğu kesilim durumunu sağlayan dönüşül (kritik) B değerini bulmak istiyoruz. İzleyeceğimiz yol hızın açısal bileşenini bir andaki r yarıçapı cinsinden belirtmek için $\Sigma F = ma$ devinim denklemini kullanmak, sonra da $\dot{r}$ ile r arasında bir bağıntı bulmak için enerji eşitliğini kullanmak olacaktır. Son olarak r 'nin, $r = b$ uzaklığında sıfır olması için gerekli B değerini bulacağız.

Bir elektronun konumunu belirlemek için Şek. 36'da gösterildiği gibi r, θ ve z yuvaksal ~~(silindirik)~~ konumluklarını kullanacağız, ve hızın, ivmenin ve çeşitli alanların bileşenlerini r, θ ve z doğrultularındaki bileşenleri cinsinden vereceğiz

Hız ve ivmenin bileşenleri ~~yuvaksal~~ konumluklarda

$$\begin{aligned} v_r &= \dot{r} & a_r &= \ddot{r} - r\dot{\theta}^2 \\ v_\theta &= r\dot{\theta} & a_\theta &= r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} \\ v_z &= \dot{z} & a_z &= \ddot{z} \end{aligned} \tag{53}$$

ile verilir. Bu bağıntılar çoğu mekanik kitaplarında çıkarılmıştır. z doğrultusunda bir ilk hız ve kuvvet bile-

şenleri bulunmadığından v_z ve a_z her zaman sıfırdır.

Görüldüğü gibi mıknatısal alan $+z$ doğrultusundadır ve mıknatısal alan kuvvetinin bileşenlerini çıkarabiliriz:

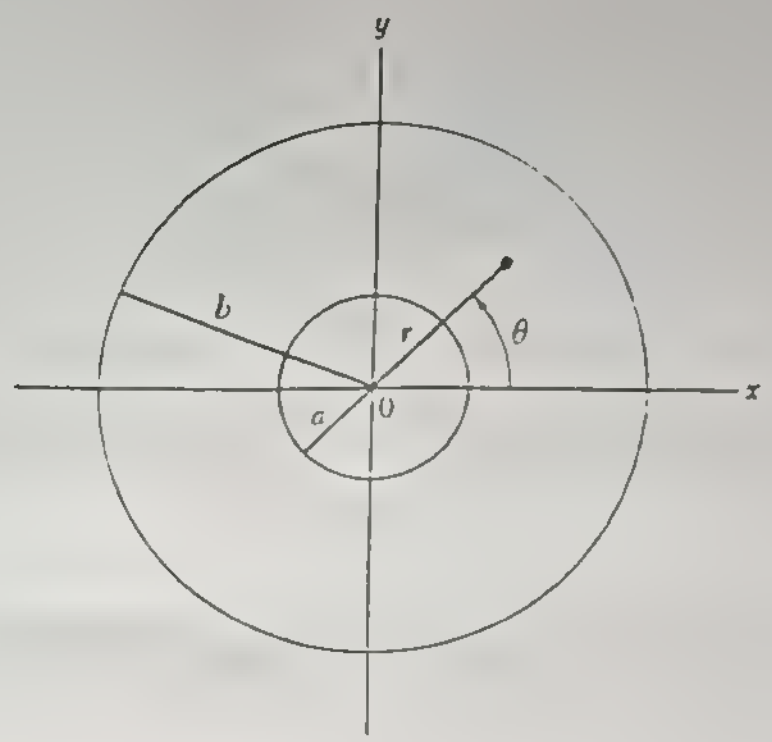
$$\mathbf{F} = -e\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

olduğuna göre

$$\begin{aligned} F_r &= -ev_\theta B = -eBr\dot{\theta} \\ F_\theta &= ev_r B = eB\dot{r} \\ F_z &= 0 \end{aligned} \tag{54}$$

buluruz.

ŞEKİL 36



θ doğrultusundaki tek kuvvet mıknatısal alan kaynaklı kuvvetin θ bileşenidir. Böylece $F_\theta = ma_\theta$ devinim denklemi

$$eB\dot{r} = m(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta}) \tag{55}$$

biçimini alır. Bu denklemin her iki tarafını r ile çarpıp terimleri aşağıdaki gibi düzenleyerek

$$m(r^2\ddot{\theta} + 2r\dot{r}\dot{\theta}) - eBr\dot{r} = 0 \tag{56}$$

elde ederiz. Bu bağıntının yakından incelenmesi sol tarafın yalnızca $(mr^2\dot{\theta} - \frac{1}{2}eBr^2)$ niceliğinin zamana göre türevi olduğunu gösterir. Zamana göre türev sıfır olduğu için nicelik sabit olmalıdır. Bu sabit değeri L ile gösterince

$$mr^2\dot{\theta} - \tfrac{1}{2}eBr^2 = L = \text{sabit} \tag{57}$$

elde ederiz. Bu arada bağıntının ilk teriminin bir elektronun eksene göre açısal devinirliği (momentumu) olduğuna bakın. Öyle ise bu denklem, bu devinimde açısal devinirliğin korunmadığını ama açısal devinirlik ile B'yi içeren terimden oluşan niceliğin korunduğunu gösterir.

L'yi hesaplamak için elektronların eksüşekten ($r = a$) önemsenmeyecek bir hızla ayrıldıklarını göz önünde tutun. Böylece $r = a$'da $\dot{\theta} = 0$ almalıyız. Bu değerleri Denk.(57)'de yerlerine koyunca,

$V = 10$

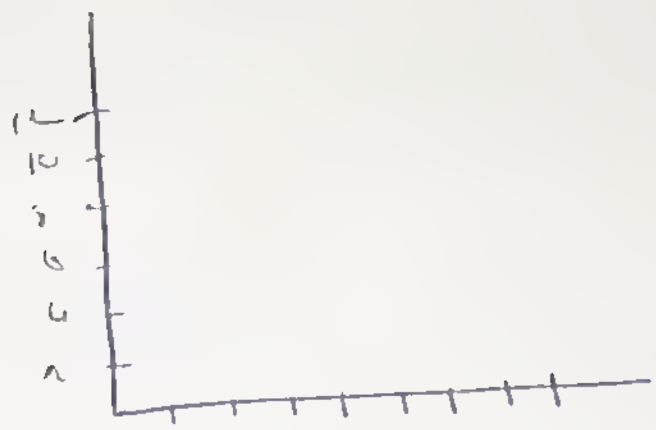
$I = 5\,mA$. (p.metreyle)

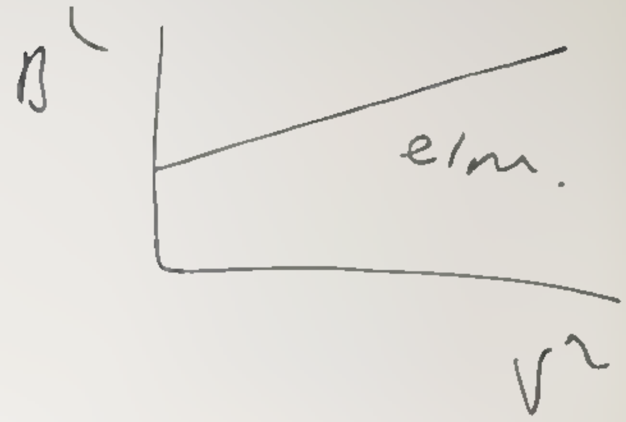
$V_{Anot-Katot}$	V'
2	10 Volt.
4	12 Volt.
6	14 Volt
8	16 Volt.
10	18 Volt.
12	20 Volt

akım'ın artması V'yi artırır [illegible]

[illegible] gözlem [illegible]

I





$$B = 0{,}7 \frac{\frac{V_R}{R} N}{l}$$

$$L = -\tfrac{1}{2}eBa^2 \tag{58}$$

çıkar. Bu sonucu Denk.(57) ile birleştirip $\dot{\theta}$ 'yü çözünce

$$\dot{\theta} = \frac{eB}{2m}\left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right) \tag{59}$$

buluruz. Şimdi enerji bağıntısına yine dönelim. Denk.(53) ile verilen hız bileşenlerinden devimsel enerjinin $\tfrac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2)$ olduğunu buluruz. Gizilgüç (gerilim) enerjisi $-eV(r)$ 'dir. Burada $V(r)$, r 'nin bir işlevi olan duruk elektriksel gerilimdir. $V, r = a$'da sıfır olacak biçimde tanımlanınca net enerji sıfır olur ve

$$\tfrac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2) - eV(r) = 0 \tag{60}$$

enerji denklemini elde ederiz. Bu, Denk.(59) 'un yardımıyla

$$\frac{m}{2}\left[\dot{r}^2 + r^2\left(\frac{eB}{2m}\right)^2\left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right)^2\right] - eV(r) = 0 \tag{61}$$

biçimine girer.

Bundan sonra, yukarıda gözlendiği gibi, tam kesilimdeki B alan şiddeti $\dot{r}$ 'nin $r = b$ de sıfır olması koşulu ile bulunur; bu koşul sağlandığında elektronlar artı uca ancak ulaşır (kesin olarak değil). $V(r)$ gerilimi-nin $r = b$ 'de, eksiuçtan artıya olan V toplam gerilim artışı olmasını göz önünde tutup bu değerleri yerlerine koyunca

$$\frac{m}{2}\left[0 + b^2\left(\frac{eB}{2m}\right)^2\left(1 - \frac{a^2}{b^2}\right)^2\right] - eV = 0 \tag{62}$$

elde ederiz. Şimdiki durumda b, a 'dan çok daha büyük olduğu için a^2/b^2 terimini 1'in yanında savsamakla çok küçük bir yanılgı yapmış olmayız; böylece

$$\frac{b^2m}{2}\left(\frac{eB}{2m}\right)^2 - eV = 0 \tag{63}$$

elde ederiz. B 'yi çözünce artıüşek akımını kesmek için gerekli dönüşül alanın

$$B = \left(\frac{8mV}{eb^2}\right)^{1/2} \tag{64}$$

ile verildiğini ve bunun Denk. (52) ile uyuştuğunu görürüz.

Bu çeşit elektron devinimi, *magnetron* denilen son kertede yüksek-sıklıkta* (10^{10} Hz basamağında) elektromıknatısal dalgalar üretmek için kullanılan bir çeşit elektrik titreşgisinde görülür. Magnetrondaki üşekler çınlanım koğuğu denilen kapalı bir yerin bir parçasını oluşturur, dolanan elektronlar bu koğukta elektromıknatısal titreşimler uyarır.

DENEY

ÇİFTÜŞEK LAMBANIN ÖZELİKLERİ

Çıttuşeğin ozelliklerini incelemek için Şek. 37'de gösterilen çevrim önerilebilir. Fitil (eksi uç) 6,3 V'luk güç kaynağı ile ısıtılır ve sıcaklığı güç kaynağı ile sıralı bağlanmış bir değişken direnç yardımıyla denetlenebilir. Artı ucun orta kesiminden geçen akım, sıralı 100 Ω 'luk dirençteki gerilim düşmesini ölçerek bulunabilir.

*Sıklık: Frekans

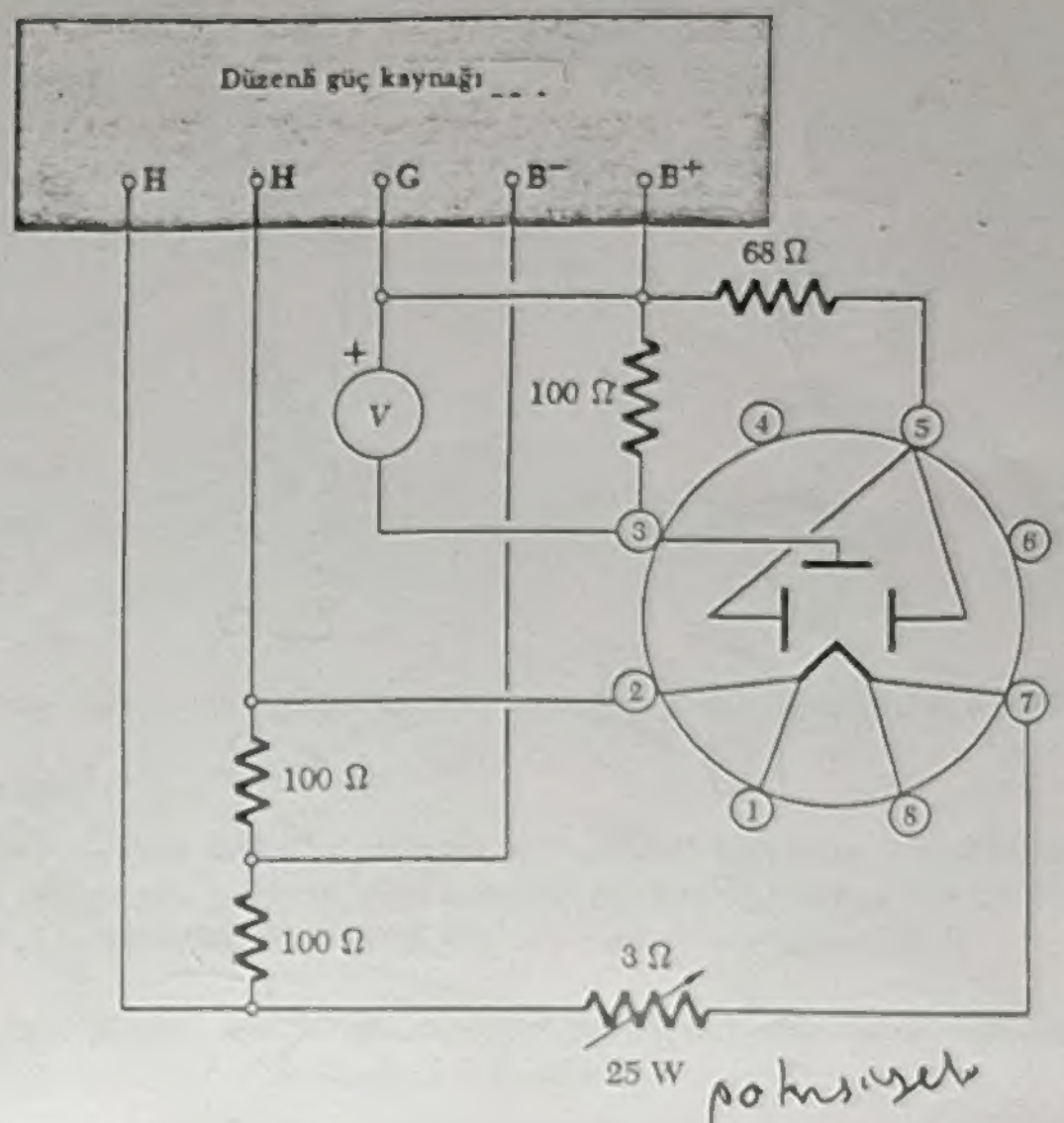
V = 100 V ve I = 0,1 amper.

Fitil gerilimi = 4,2 V.

$I = \frac{V_{100\Omega}}{R}$

$V_{Anot\ Katot}$	$V_{100\Omega}$
1	0,04
2	0,05
3	0,08
4	0,09
5	0,10
6	0,1
7	0,1
8	0,1
30	0,1

ŞEKİL 37



UYARI

> B^+ ucu yere bağlanmış olduğundan gerilimölçer gövdesi yer geriliminde olacaktır. Bununla birlikte fitili besleyen uçlar ve dirençler, 300 V'a kadar çıkan bir eksi gerilimde tutulur. Bu nedenle uyanık olun!

Artüşek gerilimini yaklaşıkça 100 V alın ve fitilin sıcaklığını orta artı uç akımı aşağı yukarı 1 mA oluncaya dek artırın. Eğer bir optiksel ısılölçer varsa fitil sıcaklığını ölçün. I'yı V'nın bir işlevi olarak ölçüp çizitleyin. Artüşek gerilimini yeniden yaklaşıkça 100 V yapıp fitil sıcaklığını orta artüşek akımı aşağı yukarı 5 mA oluncaya dek artırın ve yukarıki ölçümleri yineleyin. Son olarak en büyük fitil sıcaklığında deneyi bir kez daha yineleyin.

2. LANGMUIR – CHILD YASASI

Elde ettiğiniz verileri inceleyerek elektron salımlama sınırı orta gerilimde (örneğin 100 ile 150 V arasında) bulunan bir sıcaklıkta, I ile bunun karşılığı olan V 'den oluşan bir veriler kümesi seçip bunları bir log-log çizit kağıdında gösterin. Eğer Denk.(50)'ye uyuluyorsa, hangi gerilim bölgesinde uyulmuştur?

3. RICHARDSON – DUSHMAN DENKLEMİ

Her sıcaklıkta salımlama ile sınırlı akımın en büyük verimini olabildiğince kesinlikle bulun. I_{dor}/T^2 'yi $1/T$ 'nin işlevi olarak çizitleyin. Bir optiksel sıcaklık-ölçer yoksa fitil sıcaklıklarını Şek.38'i kullanarak fitil gerilimlerinden kabaca çıkarabiliriz. Denk.(51) sağlanıyorsa bir doğru elde etmelisiniz (Niçin?). Eğim

Fitil akımı $I = 45$ mA
Anod gerilimi $= 100$ V.
yeniden eski yerine bağla.

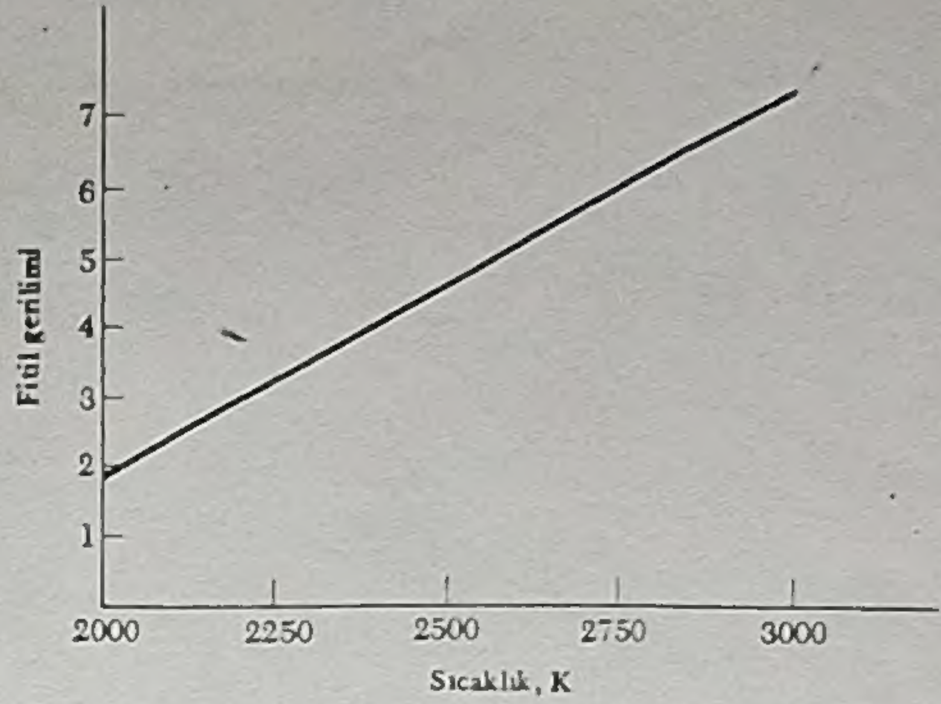
2 ve 7'ye bağlayıp.
fitil akımı ayarla.
Fitil gerilimi $= 5$ V

V (Volt)	U (V)
2	0,7
4	1,1
6	1,6
8	2,3
10	3,5
12	4,0
14	4,6
16	5,0
18	5,0
20	5,2
22	5,2
50.	5,2

Anod gerilimi 100 V. için $\Delta V = 0,3$ V'ta 7 mA
4 ye 7 Fitil gerilimi $= 4,7$ V
eski yerine al.
akımları.

V	V (V)
2	0,07
4	0,10
6	0,16
8	0,20
10	0,25
12	0,26
14	0,27
16	0,22
20	0,27

ŞEKİL 38



İle doğrunun boygu (ordinat) eksenini kestiği yerden yararlanarak A ve ϕ sabitlerini elde edebilmelisiniz.

4. MAGNETRON DURUMU

"Magnetron" devinimini ve akım kesilimini gözlemek için yukarıda kullanılan çevrimi kullanın, yalnız Deney EA–3 ve EA–4'de olduğu gibi çiftüşeği, transistörlü bir güç kaynağı ile beslenen bir akım sarmalı içine yerleştirin. B büyüklüğü bu deneylerde belirtildiği gibi sarmal akımından elde edilir.

İç çapı 8,0 cm, dış çapı 12,5 cm olan 10 cm uzunluğundaki bir sarmalın orta bölgesindeki alan, çok uzun ülkül bir akım sarmalı için beklediğimizin kabaca 0,7'si kadardır.

Kesilim alanını çiftüşeğe uygulanan çeşitli gerilimler için bulun. Denk.(52)'yi sınamak için B^2 'yi V'nin bir işlevi olarak çizitleyin. Bu çiziti e/m oranını bulmak için kullanın.

SORULAR

1 Bir çiftüşek ohm yasasına uyar mı? Açıklayın.

2 Eğer akım, salım ile sınırlı ise Denk. (50) geçerli midir? Açıklayın.

3 Elektron salımlaması ile sınırlı durumda çiftüşeğin yuvaksal elektrotlar arasındaki gerilim

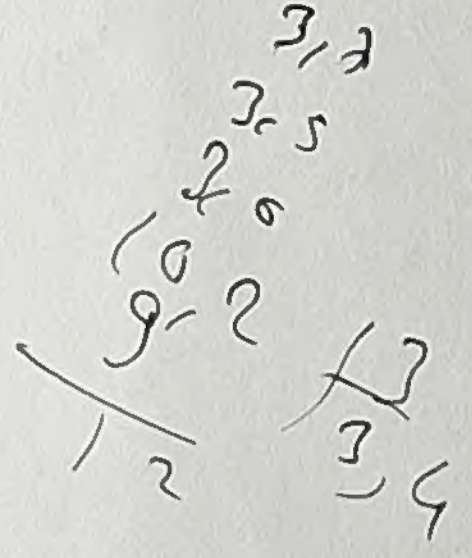
$$V(r) = V\frac{\ln(r/a)}{\ln(b/a)}$$

ile verilir. Bu bağıntıyı çıkarın. Akım uzay yükü ile sınırlı olduğunda bu geçerli midir? Açıklayın.

4 Şek. 40'da fitil çevrimindeki 100 Ω 'luk iki direncin görevleri nedir? akım şiddetlerini artırmek

5 Şek. 35'deki mıknatısal alanın doğrultusu geri çevrilirse ne olur? ters yönde kıvrılırdı

6 Denk.(64)'ün geçerliği, akımın uzay yükü ile ya da elektron salımı ile sınırlı olup olmadığına bağlı mıdır? Açıklayın. hayır. yalnızca anod gerilimine bağlıdır.

7 Koruyucu bilezikler çiftüşek çıkarılsaydı kesilim olayının nasıl değişmesini beklerdiniz? B'yi olması gerekenden daha fazla arttırmak gerekebilirdi. açıkla

8 Bir tutam hava sızmış olsaydı çiftüşeğin davranışı nasıl değişecekti? Yani çiftüşeğin havası niçin boşaltılmalıdır? Çiftüşeğin davranışının amaca uygun olabilmesi için kalan gaz basıncın en büyük tutarı ne olmalıdır? 10^{-7} atm.